

Н.П.ЯЛОВАЯ, П.П.СТРОКАЧ

ЭКОЛОГИЯ

КУРС ЛЕКЦИЙ

*рекомендовано Советом Брестского государственного
технического университета в качестве курса лекций
для студентов технических специальностей
учреждений высшего образования*

БРЕСТ 2012

УДК [574+502/504](075.8)

ББК 20.1я73

Я 51

Рецензенты: главный ведущий сотрудник ГНУ «Институт природопользования» Национальной академии наук Беларуси, академик Национальной академии наук Беларуси, доктор географических наук, профессор *В. Ф. Логинов*;
проректор по учебной работе учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиотехники», доктор технических наук, профессор *А. А. Хмыль*

Яловая, Н.П.

Я 51 Экология: курс лекций / Н.П.Яловая, П.П.Строкач. – Брест: БрГТУ, 2012. – 400 с.: 16 ил.

ISBN 978-985-493-233-0

Курс лекций представляет собой систематизированный материал по экологии, изложенный в соответствии с действующей законодательной и технической нормативной правовой базой в области охраны окружающей среды в Республике Беларусь.

Рассмотрены вопросы общей и инженерной экологии, пути решения экологических проблем различных отраслей экономики.

Курс лекций составлен в соответствии с учебными программами экологических дисциплин и предназначен для студентов технических специальностей учреждений высшего образования, а также слушателей системы дополнительного образования взрослых. Рекомендуется преподавателям, научным работникам, магистрантам, аспирантам, руководителям и специалистам природоохранных организаций.

Авторы глубоко признательны Брестскому областному комитету природных ресурсов и охраны окружающей среды за научно-методическую помощь в подготовке и издании курса лекций.

УДК [574+502/504](075.8)

ББК 20.1я73

ISBN 978-985-493-233-0

© Яловая Н.П., 2012

© Строкач П.П., 2012

© Издательство БрГТУ, 2012



ПРЕДИСЛОВИЕ

Интенсивное развитие промышленного, гражданского и сельскохозяйственного строительства и производства, внедрение инновационных технологий не всегда обеспечивает сохранение и безопасность окружающей природной среды. Принимаемые в Республике Беларусь меры по рациональному природопользованию требуют дальнейшего совершенствования для предотвращения загрязнения атмосферы, земельных и водных ресурсов, флоры и фауны.

Стабильный, планомерный социально-экономический рост страны с учетом рационального использования природных ресурсов и сохранения благоприятной окружающей среды для настоящего и будущих поколений людей предполагает Национальная стратегия устойчивого развития Республики Беларусь.

Обеспечить выполнение поставленных задач по сохранению и рациональному природопользованию должна подготовка выпускников учреждений высшего образования, которые будут в ходе своей профессиональной деятельности осуществлять интеллектуальное, образовательное и инженерное обеспечение устойчивого состояния окружающей среды, биологического разнообразия и природно-ресурсного потенциала государства.

Курс лекций по экологии направлен на выполнение поставленных задач и ставит своей целью сформировать у студентов и слушателей экологическое мировоззрение и сознание, специальные знания по обеспечению экологической безопасности действующих и проектируемых хозяйственных объектов и устойчивому развитию Республики Беларусь. Теоретические знания и практические навыки, полученные на лекциях, практических и лабораторных занятиях, позволят будущим специалистам профессионально анализировать и оценивать результаты воздействия производства на окружающую природную среду, учитывать экологические требования к размещению хозяйственных объектов, правильно организовать работу по охране окружающей среды на предприятии и принимать экологически обоснованные и оптимальные хозяйственные решения.

Экологическая подготовка специалистов воспитывает экологическую культуру, чувство ответственности, рациональное и бережное отношение к использованию природных ресурсов, развивает потребность личного участия в природоохранной деятельности, в том числе в пропаганде знаний в области охраны окружающей среды, знакомит с новыми, перспективными, экологически чистыми ресурсо- и энергосберегающими технологиями природопользования.

Курс лекций составлен на основе систематизированного материала лекционных занятий, читаемых авторами профессором, к.т.н. П.П. Строкачем и доцентом, к.т.н. Н.П. Яловой студентам технических специальностей Брестского государственного технического университета, а также слушателям Института повышения квалификации и переподготовки.

Авторы глубоко признательны Брестскому областному комитету природных ресурсов и охраны окружающей среды за научно-методическую помощь в подготовке и издании курса лекций.

Авторы.

СОДЕРЖАНИЕ

Тема 1. ФОРМИРОВАНИЕ СОВРЕМЕННОЙ ЭКОЛОГИИ КАК НАУКИ	8
1.1. Современные экологические проблемы.....	8
1.2. Формирование современной экологии как науки.....	11
1.3. Экология как наука, ее содержание, цели и задачи.....	19
Тема 2. СРЕДА ОБИТАНИЯ ЖИВЫХ ОРГАНИЗМОВ	24
2.1. Уровни организации живого вещества.....	24
2.2. Среда обитания и условия жизни.....	25
2.3. Экологические факторы.....	26
2.3.1. Абиотические факторы.....	26
2.3.2. Биотические факторы.....	31
2.3.3. Антропогенные факторы.....	36
Тема 3. ОСНОВНЫЕ ЗАКОНЫ И ПРИНЦИПЫ ЭКОЛОГИИ	37
3.1. Адаптации организмов.....	37
3.2. Основные экологические закономерности.....	38
3.3. Экологическая ниша организмов.....	42
Тема 4. ЭКОЛОГИЯ ПОПУЛЯЦИЙ	44
4.1. Структура популяций.....	44
Тема 5. БИОТИЧЕСКИЕ СООБЩЕСТВА В СТРУКТУРЕ ЭКОСИСТЕМ... 49	
5.1. Учение о биоценозах.....	49
5.2. Пространственная структура биоценоза (ярусность и мозаичность).....	52
5.3. Трофическая структура биоценоза.....	52
5.4. Экологические пирамиды.....	54
5.5. Экологическая система как основная единица функционирования живой природы.....	57
5.5.1. Концепция экосистемы.....	59
5.6. Динамика и стабильность экосистем.....	60
5.7. Энергетические процессы в экосистемах.....	62
5.7.1. Энергетическая классификация экосистем.....	68
Тема 6. УЧЕНИЕ О БИОСФЕРЕ	71
6.1. Биосфера – глобальная экосистема земли. Учение о биосфере В.И.Вернадского.....	71
6.2. Структура биосферы.....	76
6.3. Живое вещество планеты.....	79
6.4. Круговорот веществ в природе.....	85

Тема 7. РЕСУРСЫ БИОСФЕРЫ	92
7.1. Природопользование.....	92
7.2. Природные ресурсы и их классификация.....	94
7.3. Перспективы использования природных ресурсов.....	96
Тема 8. АНТРОПОГЕННЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА БИОСФЕРУ	98
8.1. Виды антропогенных воздействий на окружающую среду.....	98
8.1.1. Механическое загрязнение окружающей среды.....	101
8.1.2. Химическое загрязнение окружающей среды.....	102
8.1.3. Осмофорное загрязнение окружающей среды.....	103
8.1.4. Биологическое загрязнение окружающей среды.....	103
8.1.5. Физическое загрязнение окружающей среды.....	105
8.1.6. Биоценотическое загрязнение.....	114
8.1.7. Ландшафтное загрязнение.....	114
8.2. Антропогенные воздействия на атмосферу.....	114
8.2.1. Состав и структура атмосферы.....	114
8.2.2. Климат Республики Беларусь.....	117
8.2.3. Загрязнение атмосферы.....	119
8.2.4. Влияние метеорологических факторов на уровень загрязнения атмосферы.....	120
8.3. Антропогенные воздействия на гидросферу.....	126
8.3.1. Состав и свойства ресурсов гидросферы.....	126
8.3.2. Водные ресурсы Республики Беларусь.....	130
8.3.3. Использование ресурсов гидросферы.....	131
8.3.4. Загрязнение водных ресурсов.....	133
8.4. Антропогенные воздействия на литосферу.....	135
8.4.1. Характеристика земельных ресурсов.....	135
8.4.2. Антропогенные нарушения почвенного покрова.....	136
8.4.3. Характеристика минеральных ресурсов литосферы.....	140
8.5. Последствия загрязнения биосферы.....	143
8.5.1. Экологические кризисы и катастрофы.....	143
8.5.2. Глобальное и региональное изменение климата.....	144
8.5.3. Истощение озонового слоя.....	147
8.5.4. Демографический кризис.....	148
Тема 9. НОРМИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	154
9.1. Характеристика и показатели опасности вредных веществ.....	154
9.2. Нормирование качества окружающей среды.....	159
9.2.1. Нормирование качества атмосферного воздуха.....	161
9.2.2. Нормирование качества воды.....	168
9.2.3. Нормирование качества почв.....	172
9.3. Нормирование допустимого воздействия на окружающую среду.....	177
9.3.1. Нормирование поступления загрязняющих веществ в атмосферу.....	177
9.3.2. Инвентаризация выбросов в атмосферу.....	181
9.3.3. Нормирование сбросов в водные объекты.....	184
9.3.4. Нормирование образования отходов.....	186

Тема 10. ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА БИОСФЕРЫ	191
10.1. Инженерная защита атмосферы	191
10.1.1. Основные принципы защиты атмосферного воздуха.....	191
10.1.2. Характеристика источников загрязнения атмосферы	192
10.1.3. Промышленная и санитарная очистка выбросов загрязняющих веществ.....	194
10.1.4. Обработка выбросов от газообразных и парообразных примесей	207
10.1.5. Инновационные технологии в инженерной защите атмосферы	214
10.2. Инженерная защита гидросферы	216
10.2.1. Основные принципы защиты поверхностных вод.....	216
10.2.2. Основные принципы защиты подземных вод	221
10.2.3. Способы обработки и методы очистки сточных вод.....	224
10.2.4. Системы очистки сточных вод.....	237
10.3. Инженерная защита литосферы	239
10.3.1. Основные требования по охране земель	239
10.3.2. Обращение с отходами производства	242
10.3.3. Рекультивация использованных земель.....	245
10.3.4. Обращение с отходами потребления.....	246
10.3.5. Охрана недр.....	252
Тема 11. ОРГАНИЗАЦИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ	254
11.1. Экологическая безопасность	254
11.2. Экологическая оценка производства. Оценка безотходности	256
11.3. Комплексное использование природных ресурсов.....	261
11.3.1. Комплексная переработка резиносодержащих отходов.....	262
11.3.2. Комплексная переработка полиэфирных бутылок из-под напитков	264
11.4. Энергосбережение и рациональное использование топливно- энергетических ресурсов.....	265
11.5. Экологические характеристики производств	273
11.5.1. Экологическая характеристика автотранспортных предприятий	273
11.5.2. Экологические проблемы предприятий энергетики.....	278
Тема 12. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ	283
12.1. Требования экологической безопасности к размещению хозяйственных объектов	283
12.2. Требования экологической безопасности при проектировании хозяйственных объектов	290
12.2.1. Разработка генерального плана промышленного предприятия	291
12.2.2. Проектирование санитарно-защитной зоны предприятия	294
12.3. Содержание раздела «Охрана окружающей среды» в проектной документации	299
12.4. Экологический паспорт проекта	303
12.5. Оценка воздействия на окружающую среду.....	308
12.6. Экологическая экспертиза проектов.....	315

Тема 13. ПРАВОВЫЕ ОСНОВЫ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	321
13.1. Государственная политика Республики Беларусь в области охраны окружающей среды	323
13.2. Национальная стратегия устойчивого развития страны.....	326
13.3. Государственное управление и контроль в области охраны окружающей среды.....	329
13.4. Законодательные и иные нормативные правовые акты по охране окружающей среды	329
13.4.1. Основные положения законодательства	332
13.4.2. Технические нормативные правовые акты	336
13.5. Права и обязанности природопользователей по охране окружающей среды.....	338
13.6. Юридическая ответственность за нарушение природоохранного законодательства.....	341
13.7. Мониторинг окружающей среды	347
Тема 14. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ ПО ОХРАНЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ПРЕДПРИЯТИИ	347
14.1. Управление окружающей средой на производстве.....	347
14.2. Экологическая служба организации	352
14.3. Организация производственного контроля в области охраны окружающей среды.....	356
14.4. Экологическая сертификация.....	359
14.5. Экологическая паспортизация хозяйственных объектов	364
14.6. Экологический аудит	365
14.7. Экологическое страхование.....	367
Тема 15. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	385
15.1. Эколого-экономический учет природных ресурсов и загрязнителей ...	385
15.2. Возмещение вреда, причиненного окружающей среде	391
Тема 16. МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО В ОБЛАСТИ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	394
ЛИТЕРАТУРА.....	399



Тема 1. ФОРМИРОВАНИЕ СОВРЕМЕННОЙ ЭКОЛОГИИ КАК НАУКИ

1.1. Современные экологические проблемы

Утверждение передовых ученых-экологов и не только экологов о том, что повседневная хозяйственная деятельность человека угрожает существованию жизни на Земле и в первую очередь жизни самого человека, было встречено с большим недоверием. Действительно, очень трудно поверить, что результаты мирного труда могут сравниться с последствиями ядерной войны.

XX век – век колоссальных достижений науки, век научно-технического прогресса. Человечество овладело ядерной реакцией, синтезировало неведомые в природе вещества, проникло в космос, изобрело лазер и т.д. Казалось, еще чуть-чуть, еще немного и наступит «земной рай». Но все эти достижения оборачиваются страшными бедами. Достаточно вспомнить о Чернобыльской катастрофе. Человечество подошло к опасной черте, за которой начинаются необратимые изменения в живом мире. Это реальная угроза нынешней цивилизации.

Следует отметить, что экологические проблемы занимают умы ученых уже давно. Например, французский натуралист Ж.Б. Ламарк еще в начале XIX века писал: «Ради минутной прихоти он (человек) уничтожает полезные растения, защищающие почву, что влечет за собой бесплодие и высыхание источников, вытесняет обитавших вблизи них животных, находивших здесь средства к существованию, так что обширные пространства земли, некогда очень плодородные и густонаселенные разного рода живыми существами, превращаются в обнаженные безжизненные и необитаемые пустыни». В 1866 г. американский лесовед Г. Марш свое видение экологических проблем высказал так: «Земля близка к тому, чтобы сделаться непригодной для лучших своих обитателей, и если человек будет по-прежнему продолжать свою преступную и непредусмотрительную деятельность, то земная поверхность может дойти до такого расстройтва, оскудения производительности и до таких климатических крайностей, что последствием этого может быть совершенное извращение, одичание и даже исчезновение людей».

Конечно, в те времена к этим редким голосам никто не прислушивался. Объемы полезных ископаемых, земель, лесов, чистой воды казались неисчерпаемыми. Но, к сожалению, опасения ученых XIX века оказались почти пророческими. Бурное развитие науки и техники наряду с положительными результатами принесло человечеству ряд *экологических проблем*. Наиболее значимыми являются следующие:

- изменение климата в результате загрязнения атмосферы промышленными и транспортными выбросами;
- общее ослабление стратосферного озонового экрана на 1-2% в год, образование «озоновых дыр» над рядом регионов, чреватое усилением интенсивности жесткого ультрафиолетового излучения;

- загрязнение океана и внутренних водоемов за счет захоронения ядовитых и радиоактивных отходов, смыва минеральных удобрений, нефтепродуктов и ядохимикатов с суши, насыщения оксидами серы, азота и углерода из загрязненной атмосферы, что изменяет скорость и эффективность биогеохимического круговорота веществ и приводит к снижению фотосинтетической активности гидросферы;

- локальное радиоактивное загрязнение за счет эксплуатации атомных устройств, АЭС и испытаний ядерного оружия;

- геохимическое загрязнение биосферы в результате неукротимого накопления на поверхности суши тяжелых металлов, ядовитых, радиоактивных и промышленных отходов, бытового мусора и пр.;

- опустынивание планеты, углубление процесса опустынивания (60 тыс. км²/год), что ежегодно значительно сокращает площади плодородных земель и снижает их общее плодородие;

- сокращение площади лесов, особенно тропических (200 тыс. км /год), ведущее к дисбалансу поступления кислорода в атмосферу и усилению процесса необратимого исчезновения многих видов животных и растений (от 5 до 150 тыс. видов ежегодно из существующих 30 млн. видов);

- сокращение площади экосистем со скоростью 1% в год;

- освобождение в результате гибели животных и растительных видов экологических ниш и заполнение их более стойкими организмами, обычно паразитами, вредителями и возбудителями ряда заболеваний. Так, появление и стремительное распространение в последние десятилетия таких заболеваний, как «болезнь легионеров», гепатит С, лихорадка Эбу, желтая лихорадка Скалистых гор, СПИД и других, неподдающихся пока излечению инфекционных заболеваний, многие ученые напрямую связывают с мутированием под воздействием изменившихся условий существования привычных вирусов гриппа, паратифа, некоторых риккетсий и захват ими освободившихся экологических ниш, принадлежавших исчезнувшим видам;

- абсолютное перенаселение Земли и относительное демографическое переуплотнение в отдельных регионах;

- ухудшение условий жизни в селитебных (жилых) зонах сел и городов за счет шумового, электромагнитного, вибрационного и других воздействий, стрессов присутствия, привычного стресса от напряженного темпа городской жизни и потери социальных связей между людьми, нарастания общей психологической усталости.

Также к хорошо известным глобальным последствиям экологического кризиса в настоящее время добавились такие, как:

- ожирение;

- информационное загрязнение;

- высокотехнологичный терроризм и др.

Региональные экологические проблемы, стоящие перед белорусским обществом, также хорошо известны:

- загрязнение атмосферы, гидросферы и литосферы выбросами промышленных предприятий и автотранспорта, накопление промышленных и бытовых отходов разной категории опасности, в том числе токсичных и радиоактивных;
- сокращение сельскохозяйственных земель после катастрофы на ЧАЭС в результате загрязнения почвы радионуклидами, после мелиорации и химизации сельскохозяйственного производства;
- истощение и загрязнение поверхностных водных источников и подземных горизонтов, нарушение гидрогеологических условий региона;
- техногенная деградация ландшафтов;
- демографическая дестабилизация и ухудшение состояния здоровья населения в результате изменения социально-экономических и экологических условий существования.

Наряду с существующими современными экологическими проблемами возникает вопрос: а были ли ранее подобные экологические проблемы в истории развития Земли? Раскопки древнейшего поселения возле индийского города Махенджа-Даро принесли интересные находки: камни, опаленные при температуре примерно 1600°C; скелет человека, радиоактивность которого превышает радиационный фон примерно в 50 раз ($\approx 10^3$ мкР/ч).

Так, может, все это уже было? И опять человечество повторяет те же ошибки и уверенно идет по пути разрушения цивилизации? И возможно ли предотвратить это разрушение и восстановить гармонию между человеком и природой?

Для устранения угрозы глобального экологического кризиса необходимо переориентировать всю деятельность человечества на приоритеты экологической безопасности. Необходимо исключить всякие действия, наносящие урон окружающей среде, несмотря на их экономическую привлекательность.

Неблагоприятное воздействие техногенного комплекса на природную среду значительно и с каждым годом возрастает. В первую очередь это связано с увеличением народонаселения на планете, ростом урбанизации, числа автомобилей и соответственно с расширением производств и сети автомобильных дорог.

К сожалению, у многих людей до сих пор имеет место беспечное, а иногда и пренебрежительное отношение к естественным законам биосферы. Поэтому инженер-специалист должен уметь проектировать, строить и содержать инженерные объекты таким образом, чтобы ущерб природе был минимальным и не вызвал необратимых вредных последствий. Экологическая безопасность в настоящее время не менее важна, чем безопасность дорожного движения.

В связи с этим экологическая грамотность и экологическая ответственность инженеров имеет первостепенное значение на современном этапе развития общества.

1.2. Формирование современной экологии как науки

Термин «экология» появился во второй половине XIX века. В 1866 г. молодой немецкий биолог Эрнст Геккель в своем фундаментальном труде «Всеобщая морфология организмов» впервые употребил этот термин, который образован из двух греческих корней: *ойкос* (*oikos*) – дом, жилище; *логос* (*logos*) – слово, логика, наука. Дословный перевод означает: «Экология – это наука о доме, а домом для человечества является планета Земля». Э. Геккель писал: *«Под экологией мы понимаем сумму знаний, относящихся к экономике природы: изучение всей совокупности взаимоотношений животного с окружающей его средой, как органической, так и неорганической, и, прежде всего – его дружественных или враждебных отношений с теми животными и растениями, с которыми он прямо или косвенно вступает в контакт»*. Таким образом, Э. Геккель рассматривал экологию, как «науку о взаимоотношениях животных с живой и неживой природой». В настоящее время понятие экологии существенно расширило свои границы.

За последние годы слово «экология» стало очень модным. Его к месту и не к месту используют повсеместно. А словосочетание «у нас плохая экология» вообще стало обыденным. Как же происходило формирование современной экологии?

Экология приобрела практический интерес еще на заре развития человечества. Принято считать, что цивилизация возникла тогда, когда человек научился использовать огонь, а также другие средства и орудия, позволяющие ему изменять среду своего обитания.

Как и другие области знания, экология развивалась непрерывно, но неравномерно на протяжении истории человечества. Судя по дошедшим до нас орудиям охоты, наскальным рисункам, люди еще на заре становления человечества имели отдельные представления о повадках животных, образе их жизни, сроках сбора растений, употребляемых для нужд человека, о местах произрастания растений, способах выращивания и ухода за ними.

Некоторые сведения подобного рода находят в сохранившихся памятниках древнеегипетской, индийской, тибетской культур. Элементы экологии имеют место в эпических произведениях и легендах. Например, в древнеиндийских сказаниях «Махабхарата» (VI-II вв. до н.э.) даются сведения о повадках и образе жизни около 50 видов животных, сообщается об изменениях численности некоторых из них. В рукописных книгах Вавилонии есть описания способов обработки земли, указывается время посева культурных растений, перечисляются птицы и животные, вредные для земледелия. В китайских хрониках IV-II вв. до н.э. описываются условия произрастания различных сортов культурных растений.

В трудах ученых античного мира – Гераклита (530-470 до н.э.), Гиппократа (460-370 до н.э.), Аристотеля (384-322 до н.э.) и др. – были сделаны начальные обобщения экологических фактов.

Аристотель в своей «Истории животных» описал более 500 видов известных ему животных, рассказал об их поведении. Так начинался *первый этап*

развития науки – накопление фактического материала и первый опыт его систематизации. Теофраст Эрезийский (372-287 до н.э.) описал влияние почвы и климата на структуру растений, наблюдаемое им на огромных пространствах Древнего Средиземноморья. В работах философа впервые было предложено разделить покрытосеменные растения по основным жизненным формам: деревья, кустарники, полукустарники, травы. К этому периоду относится знаменитая «Естественная история» Плиния Старшего (23-79).

В средневековье интерес к изучению природы ослабевает, заменяясь господством схоластики и богословия. Связь строения организмов с условиями среды толковалась как воплощение воли Бога. В этот период, затянувшийся на целое тысячелетие, только единичные труды содержат факты научного значения. Большинство же сведений имеют прикладной характер, опираются на описание целебных трав (Разес, 850-923; Авиценна, 980-1037), культивируемых растений и животных, на знакомство с природой далеких стран (Марко Поло, XIII в., Афанасий Никитин, XV в.).

Началом новых веяний в науке в период позднего средневековья являются труды Альберта Великого (Альберт фон Больштедт, 1193-1280). В своих книгах о растениях он придает большое значение условиям их местообитания, где, помимо почвы, важное место уделяет «солнечному теплу», рассматривая причины «зимнего сна» у растений; размножение и рост организмов ставит в неразрывную связь с их питанием.

Крупными сводами средневековых знаний о живой природе являлись многотомное «Зеркало природы» Венсенале Бове (XIII в.), «Поучение Владимира Мономаха» (XI в.), ходившие в списках на Руси, «О поучениях и сходствах вещей» доминиканского монаха Иоанна Сиенского (начало XIV в.).

Географические открытия в эпоху Возрождения, колонизация новых стран явились толчком к развитию биологических наук. Накопление и описание фактического материала – характерная черта естествознания этого периода. Однако несмотря на то, что в суждениях о природе господствовали метафизические представления, в трудах многих естествоиспытателей имели место явные свидетельства экологических знаний. Они выражались в накоплении фактов о разнообразии живых организмов, их распространении, в выявлении особенностей строения растений и животных, живущих в условиях той или иной среды, систематизации этих фактов.

Первые систематики – А. Цезальпин (1519-1603), Д. Рей (1623-1705), Ж. Турнефор (1656-1708) и др. – уже утверждали, что растения зависят от условий произрастания или возделывания, географических и климатических особенностей мест их обитания и т.д.

Сведения о поведении, повадках, образе жизни животных, сопровождавшие описание их строения, называли «историей» жизни животных.

Известный английский химик Р. Бойль (1627-1691) первым осуществил экологический эксперимент. Он опубликовал результаты сравнительного изучения влияния низкого атмосферного давления на различных животных.

В XVII в. Ф. Реди экспериментально доказал невозможность самозарождения сколько-нибудь сложных животных.

В XVII-XVIII вв. в работах, посвященных отдельным группам живых организмов, экологические сведения зачастую составляли значительную часть (труды А. Реомюра о жизни насекомых –1734, Л. Трамбле о гидрах и мшанках – 1744). Антон Ван Левенгук, более известный как один из создателей микроскопа, был пионером в изучении пищевых цепей и регуляции численности организмов. По сочинениям английского ученого Р. Брэдди видно, что он имел четкое представление о биологической продуктивности.

В XVIII в. С.П. Крашенинниковым, И.И. Лепехиным, П.С. Палласом и рядом других русских географов и натуралистов в описании путешествий по России показывалась взаимосвязь изменения климата, животного и растительного мира в различных частях обширной страны. В своем капитальном труде «Зоография» П.С. Паллас описал образ жизни 151 вида млекопитающих и 425 видов птиц, такие биологические явления, как миграция, спячка, взаимоотношения родственных видов и т.д. По определению Б.Е. айкова (1947), П.С. Палласа можно считать «одним из основателей экологии животных». О влиянии среды на организм высказывался М.В. Ломоносов. Изменения в неживой природе Ломоносов рассматривал как непосредственную причину изменений растительного и животного мира. По останкам вымерших форм моллюсков и насекомых он судил об условиях их существования в далеком прошлом.

Во второй половине XVIII в. проблема влияния внешних условий на живые организмы нашла отражение в работах французского естествоиспытателя Ж. Бюффона (1707-1788). Он считал возможным «перерождение» видов и полагал основными причинами превращения одного вида в другой – влияние таких внешних факторов, как «температура, климат, качество пищи и гнет одомашнивания».

По мере развития зоологии и ботаники происходило накопление фактов экологического содержания, свидетельствующих, что к концу XVIII в. у естествоиспытателей начали складываться элементы особого, прогрессивного подхода к изучению явлений природы, изменений организмов в зависимости от окружающих условий, многообразия форм живого.

Второй этап развития науки связан с крупномасштабными ботанико-географическими исследованиями в природе. Подлинным основоположником экологии растений принято считать А. Гумбольдта (1769-1859), опубликовавшего в 1807 г. работу «Идеи о географии растений», где на основе своих многолетних наблюдений в Центральной и Южной Америке он показал значение климатических условий, особенно температурного фактора, для распределения растений. В сходных зональных и вертикально-поясных географических условиях у растений разных таксономических групп вырабатываются сходные «физиономические» формы, т.е. одинаковый внешний облик. По распределению и соотношению этих форм можно судить о специфике физико-географической среды.

Появились первые специальные работы, посвященные влиянию климатических факторов на распространение и биологию животных.

В 1832 г. О. Декандоль обосновал необходимость выделения особой научной дисциплины «эпиррелогии», изучающей влияние на растения внешних

условий и воздействие растений на окружающую среду. О. Декандоль писал: «Растения не выбирают условия среды, они их выдерживают или умирают. Каждый вид, живущий в определенной местности, при известных условиях представляет как бы физиологический опыт, демонстрирующий нам способ воздействия теплоты, света, влажности и столь разнообразных модификаций этих факторов».

Число таких факторов по мере расширения и углубления исследований по экологии растений возрастало, а оценка значимости отдельных факторов изменялась.

Русский ученый Э.А. Эверсман рассматривал организмы в тесном единстве с окружающей средой. В работе «Естественная история Оренбургского края» (1840) он четко делит факторы среды на абиотические и биотические, приводит примеры борьбы и конкуренции между организмами, между особями одного и разных видов.

Экологическое направление в зоологии лучше других было сформулировано другим русским ученым К.Ф. Рулье (1814-1858). Он считал необходимостью развитие особого направления в зоологии, посвященного всестороннему изучению и объяснению жизни животных, их сложных взаимоотношений с окружающей средой. Ученый особо подчеркивал, что в зоологии, наряду с классификацией отдельных органов, нужно производить «разбор явлений образа жизни». Здесь следует различать явления жизни особи, т.е. выбор и запасание пищи, выбор и постройка жилища и т.д., а также «явления жизни общей»: взаимоотношения родителей и потомства, законы количественного размножения животных, отношения животных к растениям, почве, к физиологическим условиям среды. Вместе с этим следует изучать периодические явления в жизни животных – линьку, спячку, сезонные перемещения и др.

Следовательно, К.Ф. Рулье разработал широкую систему экологического исследования животных, оставил после себя ряд трудов типичного экологического содержания. Научные работы К.Ф. Рулье оказали значительное влияние на направление и характер исследований его учеников и последователей – Н.А. Северцова (1827-1885), А.Н. Бекетова (1825-1902). Так, Н.А. Северцов в книге «Периодические явления в жизни зверей, птиц и гадов Воронежской губернии» впервые в России изложил глубокие экологические исследования животного мира отдельного региона.

Таким образом, ученые начала XIX в. анализировали закономерности организмов и среды, взаимоотношения между организмами, явления приспособляемости и приспособленности.

Дальнейшее развитие науки экологии произошло на базе эволюционного учения Ч. Дарвина (1809-1882). Он по праву является одним из основоположников классической экологии. В книге «Происхождение видов» (1859) им показано, что «борьба за существование» в природе приводит к естественному отбору, т.е. является движущим фактором эволюции. Становится понятным, что взаимоотношения живых существ и связи их с неорганическими компонентами среды («борьба за существование») – большая самостоятельная область исследований.

Победа эволюционного учения в биологии открыла, таким образом, *третий этап в развитии экологии*, для которого характерно дальнейшее увеличение числа и глубины работ по экологическим проблемам. В этот период завершилось отделение экологии от других наук.

Экология, родившись в недрах биогеографии, в конце XIX в., благодаря учению Ч. Дарвина, превратилась в науку об адаптациях организмов.

Как уже говорилось выше, термин «экология» для новой области знаний впервые был предложен немецким зоологом Э. Геккелем в 1866 г. Э. Геккель относил экологию к биологическим наукам и наукам о природе, интересующимся всеми сторонами жизни биологических организмов. Термин «экология» в дальнейшем получил всеобщее признание.

Во второй половине XIX в. главным в экологии являлось изучение образа жизни животных и растений, их адаптивности к климатическим условиям: температуре, световому режиму, влажности и т. д. В этой области был сделан ряд важных обобщений, исследований. Датский ботаник Е. Варминг в книге «Экологическая география растений» (1895) излагает основы экологии растений, четко формулирует ее задачи. Изложив основные положения экологии отдельных растений и растительных сообществ, он создал стройную систему фито-экологических взглядов.

А.Н.Бекетов в научной работе «География растений» (1896) впервые сформулировал понятие биологического комплекса как суммы внешних условий, установил связь особенностей анатомического и морфологического строения растений с их географическим распространением, указал на значение физиологических исследований в экологии. Им же были детально разработаны вопросы межвидовых и внутривидовых взаимоотношений организмов.

В конце 70-х гг. XIX в. параллельно с данными исследованиями возникло новое направление. Немецкий гидробиолог К. Мебиус в 1877 г. на основе изучения устричных банок Северного моря обосновал представление о биоценозе, как о глубоко закономерном сочетании организмов в определенных условиях среды. Биоценозы, или природные сообщества, по К. Мебиусу, обусловлены длительной историей приспособления видов друг к другу и к исходной экологической обстановке. Он утверждал, что всякое изменение какого-либо фактора биоценоза вызывает изменения в других факторах последнего. Его работа «Устрицы и устричное хозяйство» положила начало биоценологическим исследованиям в природе.

Изучение сообществ в дальнейшем обогатилось методами учета количественных соотношений организмов.

Учение о растительных сообществах обособилось в отдельную область ботанической экологии. Значительная роль в этом принадлежит русским ученым С.И. Коржинскому и И.К. Пачоскому, назвавшим новую науку «фито-социологией», переименованную позднее в «фитоценологию», а затем в геоботанику.

К этому же периоду относится деятельность знаменитого русского ученого В.В. Докучаева (1846-1903). В своем труде «Учение о зонах природы» он писал, что ранее изучались отдельные тела, явления и стихии – вода, земля, но не

их соотношения, не та генетическая вековечная и всегда закономерная связь, какая существует между силами, телами и явлениями, между мертвой и живой природой, между растительными, животными и минеральными царствами с одной стороны, человеком, его бытом и даже духовным миром – с другой. Учение Докучаева о природных зонах имело исключительное значение для развития экологии. В целом его работы легли в основу геоботанических исследований, положили начало учению о ландшафтах, дали толчок широким исследованиям взаимоотношений растительности и почвы. Идея Докучаева о необходимости изучения закономерностей жизни природных комплексов получила дальнейшее развитие в учении В.Н. Сукачева о биогеоценозах.

К началу XX в. оформились основные экологические школы гидробиологов, фитоценологов, ботаников и зоологов, в каждой из которых развивались определенные стороны экологической науки.

В 1910 г. на III Ботаническом конгрессе в Брюсселе экология растений разделилась на экологию особей и экологию сообществ. По предложению швейцарского ботаника К. Шретера, экология особей была названа *аутэкологией* (от греч. *autos* – сам и экология), а экология сообществ – *синэкологией* (от греческой приставки *syn* – вместе). Такое же деление вскоре было принято и в зооэкологии.

Появились первые экологические сводки: руководство к изучению экологии животных Ч. Адамса (1913), книга В. Шелфорда о сообществах наземных животных (1913), С.А. Зернова по гидробиологии (1913) и др.

В 1913-1920 гг. были организованы экологические научные общества, основаны журналы. Экологию начали преподавать в ряде университетов.

Авторитетнейший ученый России начала XX в., ботаник И.П. Бородин, выступая в 1910 г. на XII съезде русских естествоиспытателей и врачей с докладом «Об охране участков растительности, интересных с ботанико-географической точки зрения», страстно призывал своих коллег охранять природу и выполнять тем самым «наш нравственный долг», сравнивая это дело с охраной исторических памятников. Бородин особенно интересовался уникальными природными объектами. Любой памятник природы, большой или маленький, представляет собой, по его мнению, национальное сокровище: «Это такие же уникалы, как картины, например, Рафаэля – уничтожить их легко, но воссоздать нет возможности».

Г.А. Кожевников (1917) утверждал, что к числу факторов, усугубляющих разрушительные последствия войны и революции, относятся вопиющая отсталость, бескультурье, отсутствие развитой технологии и какого-либо гражданского долга. Г.А. Кожевников сформулировал три этапа становления отношения человека к природе. Россия, по его мнению, находится на переходной стадии от первого первобытного, хищнического этапа ко второму, ориентированному на рост и развитие. Даже при отсутствии войны и социальных потрясений мощные структурные факторы должны были бы препятствовать быстрому переходу к третьему этапу, ориентированному на охрану природы. Г.А. Кожевников, основываясь на данном утверждении, выступал за рационализацию и модернизацию экономики и ее социальной структуры.

На *четвертом этапе развития истории экологии* после разносторонних исследований к тридцатым годам XX в. определились основные теоретические представления в области биоценологии: о границах и структуре биоценозов, степени устойчивости, возможности саморегуляции этих систем. Углублялись исследования взаимосвязей организмов, лежащих в основе существования биоценозов.

Проблему взаимодействия живых организмов с неживой природой подробно разработал В.И. Вернадский в 1926 г., подготовив условия для понятия единства биологических организмов с физической средой их обитания.

Большой вклад в фитоценологические исследования внесли в России В.Н. Сукачев, Б.Н. Келлер, В.В. Алехин, А.Г. Раменский, А.П. Шенников; за рубежом: Ф. Клементе в США, К. Раункиер в Дании, Г. Дю Рие в Швеции, И. Браун-Бланк в Швейцарии. Ими были созданы разнообразные системы классификации растительности на основе морфологических (физиологических), эколого-морфологических, динамических и других особенностей сообществ, разработаны представления об экологических индикаторах, изучены структура, продуктивность, динамические связи фитоценозов.

В 30-40-х гг. XX в. появились новые сводки по экологии животных, где излагались теоретические проблемы общей экологии: К. Фридерикса (1930), Ф. Боденгеймера (1935) и др.

В развитие общей экологии значительный вклад внес Д.Н. Кашкаров (1878-1941). Ему принадлежат такие фундаментальные труды, как «Среда и общество», «Жизнь пустыни». Он является автором первого учебника в нашей стране по основам экологии животных (1938). По инициативе Д.Н. Кашкарова регулярно издавался сборник «Вопросы экологии и биоценологии».

В этот же период оформилась новая область экологической науки – популяционная экология (*демэкология*). Английский ученый Ч. Элтон в книге «Экология животных» (1927) переключает внимание с отдельного организма на популяцию как единицу, которую следует изучать самостоятельно. На этом уровне выявляются свои особенности экологических адаптаций и регуляций.

На развитие популяционной экологии в нашей стране оказали влияние С.А. Северцов, Е.Н. Синская, И.Г. Серебряков, М.С. Гиляров, Н.П. Наумов, Г.А. Викторова, Т.А. Работнова, А.А. Уранова, С.С. Шварц и др.

Е.Н. Синская (1948) провела исследования по выяснению экологического и географического полиморфизма видов растений.

И. Г. Серебряковым была создана новая, более глубокая классификация жизненных форм.

М.С. Гиляров (1949) выдвинул предположение, что почва послужила переходной средой в завоевании членистоногими суши.

Исследования С.С. Шварца эволюционной экологии позвоночных животных привели к возникновению палеоэкологии, задачей которой является восстановление картины образа жизни вымерших форм.

В начале 40-х гг. XX в. в экологии возникает новый подход к исследованиям природных экосистем. Г. Гаузе (1934) провозгласил свой знаменитый принцип конкурентного исключения, указав на важность трофических связей.

как основного пути для потоков энергии через природные сообщества, что явилось весомым вкладом в появление концепции экосистемы.

Английский ученый А. Тенсли в 1935 г. в работе «Правильное и неправильное использование концепций и терминов в экологии растений» ввел в экологию термин «экологическая система». Основное достижение А. Тенсли заключается в успешной попытке интегрировать биоценоз с биотопом на уровне новой функциональной единицы – экосистемы.

В 1942 г. В.Н. Сукачев (1880-1967) обосновал представление о биогеоценозе. Здесь нашла отражение идея единства совокупности организмов с абиотическим окружением, о закономерностях, лежащих в основе всего сообщества и окружающей неорганической среды - круговороте вещества и превращениях энергии.

В 1942 г. американский ученый Р. Линдеман изложил основные методы расчета энергетического баланса экологических систем. С этого периода стали принципиально возможными расчеты и прогнозирование предельной продуктивности популяции и биоценозов в конкретных условиях среды. Начались работы по точному определению продуктивности водных сообществ (Г.Г. Винберг, 1936).

Развитие экосистемного анализа привело к возрождению на новой экологической основе учения о биосфере, принадлежащего крупнейшему ученому В.И. Вернадскому, который в своих идеях намного опередил современную ему науку. В его интерпретации биосфера предстала как глобальная экосистема, стабильность и функционирование которой основаны на экологических законах обеспечения баланса вещества и энергии.

В 50-90 гг. XX в. вопросам экологии посвящены работы видных отечественных и зарубежных исследователей: Р. Дажо (Основы экологии, 1975), Р. Риклефса (Основы общей экологии, 1979), Ю. Одума (Основы экологии, 1975; Экология, 1986), М.И. Будыко (Глобальная экология, 1977), Г.А. Новикова (Основы общей экологии и охраны природы, 1979), Ф. Рамада (Основы прикладной экологии, 1981), В. Тишлера (Сельскохозяйственная экология, 1971), С.Г. Спурра, Б.В. Барнеса (Лесная экология, 1984), В.А. Радкевича (Экология, 1983, 1997), Ю.А. Изразля (Экология и контроль природной среды, 1984), В.А. Ковды (Биогеохимия почвенного покрова, 1985), Дж.М. Андерсона (Экология и науки об окружающей среде: биосфера, экосистемы, человек, 1985), Г.В. Стадницкого, А.И. Родионова (Экология, 1988, 1996), Н.Ф. Реймерс (Природопользование, 1990; Экология, 1994), Г.Л. Тышкевич (Экология и агрономия, 1991), Н.М. Чернова, А.М. Былова (Экология, 1988), Т.А. Акимовой, В.В. Хаскина (Основы экоразвития, 1994; Экология, 1998), В.Ф. Протасова, А.В. Молчанова (Экология, здоровье и природопользование в России, 1995), Н.М. Мамедова, И.Т. Суравегиной (Экология, 1996), К.М. Петрова (Общая экология, 1996), А.С. Степановских (Общая экология, 1996, 2000; Экология, 1997, 2003; Охрана окружающей среды, 1998, 2000) и др.

Большой вклад в формирование научных основ современной экологии работами в области взаимоотношений человека и природы, социально-экономических аспектов экологии и природы внесли Н.Ф. Реймерс (1931-1993) и Н.Н. Моисеев (1917-2000).

Анализируя историю экологии как науки, можно отметить, что в конце XX в. происходит неизбежная «экологизация» общества. Это связано с осознанием огромной роли экологических знаний, с пониманием того, что деятельность человека зачастую не просто наносит вред окружающей среде, но и воздействует на нее отрицательно, изменяя условия жизни людей, угрожает самому существованию человечества. Человечество, получив огромную власть над природой, забыло, что в то же время само является всего лишь ее небольшой частью. Невиданные достижения в науке и технике чрезвычайно расширили человеческие возможности воздействия на окружающую среду. Но одновременно с этим, как никогда, очевидно, что наша могущественная цивилизация зависит не только от природных ресурсов, но и от природных процессов (круговороты воздуха, воды и т.д.), т.е. это могущество очень хрупкое.

В последние десятилетия XX в. и в начале XXI в. существенно возрос общественный интерес к экологической науке. Видимо, в первую очередь, это связано с проявлениями негативного антропогенного воздействия на природную среду: формированием кислотных дождей, разрушением озонового слоя, появлением смога и т.д. Поэтому экологию начинают рассматривать как интегрированную дисциплину, связывающую естественные, технические и общественные науки. Все больше доминируют взгляды на экологию как науку об экологических системах. Причем рассматриваются не только природные экосистемы, но и антропогенные. Появляется осознание того, что хозяйственную деятельность необходимо приводить в соответствие с экологическими законами.

Современная экология не только изучает законы функционирования природных и антропогенных систем, но и определяет рациональные способы взаимодействия природы и человечества.

Следует отметить, что в настоящее время человечество осознало катастрофическую опасность экологического кризиса для цивилизации. Устойчивое развитие человеческого общества возможно только на основе неуклонного соблюдения законов экологии, которые являются основой для рационального использования природных ресурсов и управления естественными, аграрными, техногенными и социальными системами.

1.3. Экология как наука, ее содержание, цели и задачи

В современном понимании *экология – это наука о закономерностях формирования, развития и устойчивого функционирования биологических систем во взаимосвязи со средой обитания*. Кроме того, данная наука позволяет определить оптимальные формы взаимоотношений природы и человеческого общества.

Экологию можно подразделить на два раздела: *общая экология и специальная (частная) экология*.

Общая экология изучает взаимодействие биологических систем с окружающей средой на уровне отдельных организмов, популяций, сообществ и экосистем. Кроме того, она рассматривает вопросы возникновения, формирования и развития биосферы, антропогенного воздействия на биосферу, проблемы преобразования биосферы в ноосферу.

Специальная (частная) экология занимается изучением конкретных групп организмов (экология животных, растений, человека) и природных компонентов (экология водоемов, суши, агроэкология и т.д.).

Развитие промышленности, транспорта, сельского хозяйства привело к возникновению ряда факторов, отрицательно влияющих на окружающую среду и на человека. Поэтому возникло новое направление – *прикладная экология* (инженерная, отраслевая, строительная, сельскохозяйственная и т.д.).

Исходя из изложенного выше, можно сформулировать **основную цель современной экологии** – *установить способы управления природными и антропогенными системами, человеческим обществом и биосферой в целом в соответствии с экологическими законами для устойчивого развития цивилизации.*

Из поставленной цели следуют **задачи экологии**:

- исследование закономерностей организации жизни, в том числе с учетом антропогенных воздействий на биосферу;
- разработка научной основы использования ресурсов Земли, прогнозов изменения природы в результате антропогенного воздействия;
- разработка системы мероприятий, обеспечивающих управление процессами в биосфере с целью сохранения среды обитания;
- разработка научных основ регулирования численности живых организмов;
- мониторинг окружающей среды.

Подводя итог, можно отметить, что экология – это наука будущего, поэтому существование и развитие нынешней цивилизации будет зависеть от ее прогресса.

Имея биологические корни, экология в сознании людей ассоциируется с проблемами, возникшими в результате антропогенной деятельности человека. Поэтому экологическая наука связана не только с естественными, но и с техническими и гуманитарными направлениями научного знания.

Многие философы полагали и полагают, что экологические проблемы в первую очередь являются нравственными, философско-этическими. Безоговорочное поклонение и страх перед силами природы сменились стремлением покорить природу, что нанесло ей огромный вред. Проблема взаимоотношений человека с окружающей средой в настоящее время носит не только практический, но и философско-нравственный характер. Философию, как и естественные науки, всегда интересовали и интересуют проблемы возникновения и развития жизни на Земле, проблемы взаимоотношений человека с природой. На протяжении почти всей истории процесс развития биосферы шел в виде естественной самоорганизации. В настоящее время этими процессами все больше начинает управлять человек. Дальнейшая эволюция биосферы приобретает новую цель – обеспечение будущего человечества. Осознание человечеством беспредельности научно-технических возможностей привело его к очень опасной мысли о необходимости улучшения природы. Возникла философия насилия над природой. Старшему поколению еще помнится лозунг о том, что человек не может ждать милости от природы. Такая деятельность привела цивилизацию на

грань экологической катастрофы. Поэтому мы должны точно знать, что может нарушить стабильность биосферы, и исключить условия, при которых цивилизация не может устойчиво развиваться. В этой связи современная философская мысль должна быть направлена на поиск путей гармонизации общества и природы, что определяет необходимость связи *экологии с философией*.

Современный человек в первую очередь существо социальное. Поэтому взаимоотношения человека с природой необходимо рассматривать в системе «человек–общество–природа». Глобальные экологические проблемы – это совокупность социоприродных проблем. В основе их обострения лежат два взаимосвязанных процесса. С одной стороны, это результат совершенствования и развития производительных сил и производственных отношений, результат развития материальной культуры общества. С другой стороны – возникновение и углубление глобальных экологических проблем является результатом социального прогресса.

При решении этих проблем, в конечном счете, определяющим фактором является человек. Поэтому наряду с технологическими, организационными и экономическими решениями многое зависит от экологического сознания, поведения людей. До недавнего времени экологическое сознание было потребительским, базировалось на глубоком убеждении в неисчерпаемости ресурсов Земли. Кроме того, долгое время люди неоправданно считали, что природа сама справится с негативными воздействиями на нее. Еще в недалеком прошлом мы гордились дымом заводских труб, поднимавшихся над городской окраиной, в степи или тайге. Эти трубы были символом успеха, экономической мощи страны.

Однако неблагоприятные проявления антропогенного воздействия на природную среду привели к необходимости изменения экологического сознания, экологической культуры. Поэтому решение глобальных экологических проблем невозможно вне *связи экологии с политологией и социологией*.

В процессе хозяйственной деятельности предприятия отдельные граждане могут наносить экологический ущерб окружающей среде. Кроме того, неблагоприятная окружающая среда может наносить вред здоровью граждан. Регулирование этих взаимоотношений осуществляется на основе экологического права, которое базируется на статьях 46 и 55 Конституции Республики Беларусь. В этих статьях провозглашено право каждого гражданина на благоприятную окружающую среду и на возмещение вреда, причиненного нарушением этого права. Также установлено, что охрана природной среды является долгом каждого гражданина.

Экология – точная наука. Взаимодействие между организмами и окружающей средой оценивается не только качественно, но и количественно. Прогнозирование развития природно-антропогенных комплексов, протекания климатических и погодных явлений, изменений численности различных организмов невозможно без математического моделирования. Современные средства вычислительной техники позволяют проводить такие расчеты и широко используются. Отсюда тесная *связь экологии с математикой*.

В основе жизнедеятельности организмов лежит обмен веществ между ними и окружающей средой. Это химические процессы, но поскольку они про-

исходят и в живых организмах, то их называют биохимическими. Такие процессы происходят как на уровне отдельных организмов, так и на уровне групп, сообществ, экологических систем и биосферы в целом. В результате образуется круговорот веществ, или, по определению В.И.Вернадского, происходят биогеохимические циклы.

В результате деятельности человека возник антропогенный круговорот веществ, являющийся составной частью биогеохимических циклов.

Изучая процессы в биосфере, В.И. Вернадский пришел к выводу, что самой мощной химической силой на Земле является живое вещество (совокупность всех живых организмов). Такой подход позволил ему основать новую науку – биогеохимию. Из вышесказанного очевидна *связь экологии с химией*.

Закономерности биохимических процессов подчиняются фундаментальным законам физики – закону сохранения энергии и массы, второму закону термодинамики. Кроме того, такие экологические факторы, как солнечное излучение, влажность воздуха, атмосферное давление, имеют физическую природу. Поэтому изучение экологических процессов и явлений невозможно без знания *физики*.

Живое вещество на нашей планете распределено крайне неравномерно. Экосистема полярной, умеренной и тропической зон существенно различаются. Они заселены различными организмами, плотность живого вещества тоже неодинакова. Восприимчивость экосистем различных географических зон к антропогенным воздействиям различна, что необходимо учитывать при организации природопользования. В этом *связь экологии с географией*.

В настоящее время безотходные технологии только получают свое развитие. Вредные отходы промышленности, транспорта, энергетики тем или иным образом попадают в окружающую среду и ухудшают ее качество. Это приводит к отклонению основных показателей экологических факторов от оптимальных значений. Реакцией организма на эти отклонения являются болезни, а иногда и гибель. Поэтому необходимо знать предельно допустимые концентрации (ПДК) различных вредных веществ в воздухе, воде, почве, продуктах питания. Кроме того, отрицательное воздействие на организм оказывают вирусы, бактерии, грибки и т.д. Установлением ПДК, защитой человека и других организмов от упомянутых вредных воздействий занимается *медицина*, которая *тесно связана с экологией*.

В последние 100-150 лет человек создал крупные антропогенные системы, сравнимые по воздействию на окружающую среду с природными системами. Это промышленные предприятия, транспортные системы, предприятия энергетики, системы передач информации и т.д. Они характеризуются высокой концентрацией вещества и энергии в ограниченном пространстве и являются источниками антропогенных экологических факторов, зачастую неблагоприятных для человека. К таким факторам следует отнести шум, вибрацию, опасность поражения электрическим током, электромагнитные и электростатические поля, недостаточную освещенность, выбросы и сбросы вредных веществ в окружающую среду. Для защиты человека от упомянутых факторов на предприятиях создана система охраны

труда, а для снижения неблагоприятного воздействия на окружающую среду для предприятий устанавливаются нормативы допустимых выбросов и сбросов. Таким образом, *экология связана с охраной труда*.

Довольно тесно *экология связана с экономикой*. Еще Э. Геккель называл экологию наукой об экономии природы. Для решения вопросов охраны труда, обеспечения нормативных показателей, утилизации отходов необходима система инженерных и организационных мероприятий. Реализация данных мероприятий невозможна без затрат, которые не дают быстрой отдачи. Однако отказ от этих затрат ради быстрой экономической выгоды приводит в конечном итоге к значительным экономическим потерям. На решение этих проблем направлена новая научная дисциплина – экономика природопользования, которая образована на стыке экологии с экономикой.

Научно-технический прогресс остановить невозможно, поэтому решение экологических проблем должно заключаться в устранении противоречий общественного развития с развитием природы. Тщательное изучение и учет геологического строения подстилающих грунтов позволяет не только обеспечить надежную работу конструкций сооружений, но и уменьшить экологическую нагрузку инженерного сооружения на литосферу. Этим определяется *связь экологии с геологией*.

Важнейшие экологические аспекты рассматриваются в *гидрологии*. Учет режимов работы водных потоков позволяет обеспечить благоприятное с точки зрения экологии сопряжение инженерных сооружений с водотоками.

Использование при строительстве экологически чистых материалов, а также использование в производстве дорожно-строительных материалов отходов промышленности невозможно без знаний в области *материаловедения*.

Все технологические процессы производства должны базироваться на учете природных и климатических условий, радиационных и других характеристик. Важнейшим критерием приемлемости той или иной технологии в настоящее время, наряду с экономической эффективностью, должна быть экологическая безопасность применяемых способов и методов производства работ.



Тема 2. СРЕДА ОБИТАНИЯ ЖИВЫХ ОРГАНИЗМОВ

2.1. Уровни организации живого вещества

Окружающий нас мир живых организмов биосферы представляет собой сочетание различных биологических систем разной структурной упорядоченности и разного организационного положения. В связи с этим выделяют следующие **уровни организации живого вещества** – от крупных молекул до растений и животных различных организаций (рисунок 2.1).



Рисунок 2.1 – Уровни организации жизни

1. **Молекулярный (генетический)** – самый низкий уровень, на котором биологическая система проявляется в виде функционирования биологически активных крупных молекул – белков, нуклеиновых кислот, углеводов. С этого уровня наблюдаются свойства, характерные исключительно для живой материи: обмен веществ, протекающий при превращении лучистой и химической энергии, передача наследственности с помощью ДНК и РНК. Этому уровню свойственна устойчивость структуры в поколениях.

2. **Клеточный** – уровень, на котором биологически активные молекулы соединяются в единую систему. В отношении клеточной организации все организмы подразделяются на одноклеточные и многоклеточные.

3. **Тканевый** – уровень, на котором сочетание однородных клеток образует ткань. Он охватывает совокупность клеток, объединенных общностью происхождения и функций.

4. **Органный** – уровень, на котором несколько типов тканей функционально взаимодействуют и образуют определенный орган.

5. *Организменный* – уровень, на котором взаимодействие ряда органов сводится в единую систему индивидуального организма. Представлен определенными видами организмов.

6. *Популяционно-видовой* – уровень, где существует совокупность определенных однородных организмов, связанных единством происхождения, образом жизни и местом обитания. На этом уровне происходят элементарные эволюционные изменения в целом.

7. *Биоценоз и биогеоценоз (экосистема)* – более высокий уровень организации живой материи, объединяющий разные по видовому составу организмы. В биогеоценозе они взаимодействуют друг с другом на определенном участке земной поверхности с однородными абиотическими факторами.

8. *Биосферный* – уровень, на котором сформировалась природная система наиболее высокого ранга, охватывающая все проявления жизни в пределах нашей планеты. На этом уровне происходят все круговороты вещества в глобальном масштабе, связанные с жизнедеятельностью организмов.

2.2. Среда обитания и условия жизни

Участвуя в круговороте веществ, живые организмы находятся в непрерывной связи с окружающей природной средой. *Часть природы, окружающая живые организмы и оказывающая на них прямое или косвенное воздействие, называется средой обитания.* Из среды обитания организмы получают все необходимое для жизни и в нее же выделяют продукты обмена веществ. Среда обитания каждого организма складывается из множества элементов неорганической и органической природы и элементов, привносимых человеком и его производственной деятельностью. При этом одни элементы могут быть частично или полностью безразличны организму, другие – необходимы, а третьи – оказывать отрицательное воздействие. Например, любое животное в лесу вступает в определенные взаимоотношения с пищей, водой, химическими соединениями, кислородом, без которых он обойтись не может, в то время как ствол дерева, пень, кочка, валун на его жизнь не оказывают существенного влияния. Животное вступает с ними только во временные (укрытие от врага, непогоды), но не обязательные связи.

Условия жизни или условия существования – это совокупность необходимых для организма элементов среды, с которыми он находится в неразрывном единстве и без которых существовать не может.

В процессе эволюции все живые организмы приспособились к конкретным условиям жизни. В результате сформировались специфические для каждой географической зоны группировки растений и животных.

Различные виды организмов предъявляют неодинаковые требования к почвенным условиям, температуре, влажности, свету и т. д. Поэтому на разных почвах, в разных климатических поясах произрастают различные растения. С другой стороны, в растительных ассоциациях формируются разные условия для животных. Приспосабливаясь к факторам среды и вступая в определенные связи друг с другом, растения, животные и микроорганизмы распределяются по

различным средам и формируют многообразные экологические системы, объединяющиеся в биосферу Земли. Следовательно, к каждому из факторов среды особи и формирующиеся из них популяции приспосабливаются относительно независимым путем.

2.3. Экологические факторы

Через органы чувств организмы получают из окружающей среды различную информацию, используемую ими для выработки управляющих сигналов (приспособительных реакций). Информационные сигналы экологии называют экологическими факторами (рисунок 2.2).



Рисунок 2.2 – Классификация экологических факторов

Экологический фактор – это любой элемент или условия окружающей среды, способные прямо или косвенно оказывать на организм внешнее воздействие, на которое организм отвечает приспособительными реакциями.

Окружающая среда характеризуется огромным количеством экологических факторов. Их можно разделить на две категории: факторы неживой (косной) природы – *абиотические* (*абиогенные*) и факторы живой природы – *биотические* (*биогенные*). По своему происхождению эти две категории могут быть как природными, так и *антропогенными* (греч. *anthropos* – человек).

2.3.1. Абиотические факторы

Абиотические факторы среды – это такие силы и явления природы, происхождение которых прямо не связано с жизнедеятельностью ныне живущих организмов. Абиотические факторы в значительной мере определяют свойства и качество биосферы.

Потребность того или иного вида, например, в тепловой или лучистой энергии, расходуемой на процессы жизнедеятельности, должна находиться в строгом соответствии с наличием данного ресурса в данном месте в данное время и поступлением его извне или образованием внутри организма. Нарушение баланса между поступлением и расходом необходимого ресурса неизбежно ведет к летальным последствиям для организма.

Абиотические факторы действуют на организм разными путями. В самом простом случае имеет место простое влияние: без прямого воздействия солнечного света в зеленом растении прекращается фотосинтез, солнечные лучи дей-

ного света в зеленом растении прекращается фотосинтез, солнечные лучи действуют на лежащую на камне ящерицу, и ее тело нагревается и т. д. Чаше абиотические факторы влияют на организмы опосредованно или косвенно, причём порой через многие промежуточные звенья. Например, длительное сочетание высокой температуры воздуха с его низкой влажностью и отсутствием осадков приводит к засухе, что не раз наблюдалось практически во всех широтах планеты. В результате засухи на обширных пространствах выгорает травянистая растительность, гибнут деревья и кустарники, травоядные животные либо погибают, либо вынуждены мигрировать на значительные расстояния. Это, в свою очередь, сказывается на состоянии популяций хищников и трупоедов, их поведении и образе жизни.

Результаты влияния абиотических факторов могут сильно различаться в зависимости от того, как они действуют – раздельно или в совокупности. Например, зимой даже не очень сильный мороз при высокой влажности воздуха и наличии ветра становится весьма ощутимым, а во многих случаях весьма опасным, так как такое сочетание климатических факторов ведёт за собой повышенное излучение теплоты с поверхности тела и может привести к значительному переохлаждению организма вплоть до его гибели. Даже летом во время дождя мелкие хищные животные с интенсивным обменом веществ после полного намокания шерсти нередко погибают от переохлаждения.

Выделяют следующие разновидности абиотических факторов:

1. *Климатические.*
2. *Факторы водной среды (гидрологические).*
3. *Эдафические.*
4. *Орографические.*

Среди абиотических факторов особенно важное значение имеют **климатические факторы**: *лучистая энергия Солнца, влажность воздуха, атмосферные осадки, атмосферное давление.*

Солнечное излучение. Лучистая энергия Солнца распространяется в пространстве в виде электромагнитных волн. Электромагнитные волны, длина которых находится в диапазоне от 0,01 до 100 мкм, называются световыми. Глаз человека воспринимает световые волны длиной 0,4-0,75 мкм как видимый свет. Волны длиной 0,75-100 мкм представляют собой инфракрасное излучение, а менее 0,4 мкм – ультрафиолетовое излучение. Почти половина солнечной энергии поступает к нам в диапазоне видимого света, около 7% – в диапазоне ультрафиолетового излучения, остальная часть – это инфракрасное излучение. В процессе фотосинтеза зелеными растениями используется солнечная радиация с длиной волн от 0,38 до 0,71 мкм, т.е. практически видимый спектр.

Плотность потока солнечной энергии, поступающей к верхней границе атмосферы, примерно равна $1,39 \cdot 10^3 \text{ Дж/м}^2 \cdot \text{с}$. Эта величина носит название *солнечной постоянной*.

В полярных широтах к поверхности Земли поступает примерно 68-72%, а в тропических – до 90% солнечной энергии (по сравнению с энергией на верхней границе атмосферы). Остальная энергия отражается озоновым слоем, поглощается молекулами воздуха, водяными парами, расходуется на образование

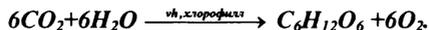
озона и т.д. Всего 0,1-0,2% поступившей энергии расходуется на создание органического вещества в процессе фотосинтеза.

Почти половина энергии, достигшей Земли, относится к видимому свету, ультрафиолетовый спектр – 7-10%.

Солнечная энергия не только поглощается поверхностью Земли, но и отражается ею. Например, чистый снег отражает 80-95%, загрязненный снег – 30-60, почва – 10-14, светлый песок – 35-40% солнечной энергии. *Отношение отраженного потока солнечного света к поступившему называется альбедо.*

Антропогенная деятельность существенно влияет на альбедо. Выбросы в атмосферу твердых и жидких частиц отходов промышленности уменьшают количество солнечной энергии, поступающей к Земле. Затопление больших участков суши, т.е. создание водохранилищ, увеличивает количество отраженной энергии. Загрязнение снега и льдов пылью повышает поглощение энергии, что приводит к их таянию.

Как уже отмечалось, в процессе фотосинтеза используется в основном видимая часть спектра. Свет при этом выступает как источник энергии, которая используется пигментной системой растений (хлорофилл или его аналоги). В результате расщепления молекулы воды выделяется газообразный кислород, а углекислый газ преобразуется в углеводы:



Влажность воздуха. Оценивается абсолютной и относительной влажностью. *Абсолютная влажность – это масса водяных паров в 1 м³ воздуха.* Максимально возможное содержание водяного пара называется состоянием насыщения, которое зависит от температуры воздуха и атмосферного давления. Для оценки влажности чаще всего используют *относительную влажность* – отношение абсолютной влажности к максимально возможной, выраженное в процентах.

Разница между максимально возможной и действительной влажностью называется *дефицитом влажности*. Это важнейший экологический показатель, определяемый метеостанциями, используется в сельском и лесном хозяйстве. Например, в сухое и жаркое лето наблюдаются вспышки численности популяции саранчи, и она достигает даже нашей страны. Поэтому постоянные наблюдения за дефицитом влажности позволяют предсказать такие вспышки и принять меры по защите растений.

Атмосферные осадки. *Атмосферные осадки* – это вода в жидком или твердом состоянии, выпадающая на поверхность Земли из облаков или конденсирующаяся из влажного воздуха при достижении точки росы. В основном для всех живых организмов вода является одним из главных экологических факторов. Без воды невозможно существование жизни на Земле, т.к. процессы в живых клетках протекают в водной среде.

Тела животных, как правило, состоят более чем наполовину из воды. Для человека этот показатель по разным источникам находится в пределах 65-68 %.

Как известно, живое вещество неравномерно распределено на Земле. Концентрация живого вещества прямо пропорционально связана с количеством выпадающих осадков. Наибольшее количество осадков наблюдается в экваторе

риальной области Америки – более 10 тыс. мм в год. Там большое количество осадков и высокая температура обеспечивают буйную растительность (сельва). Сельва кишит живыми организмами.

Для сравнения: в пустыне выпадает 100-250 мм осадков в год. Всем известно, как беден там растительный и животный мир.

Атмосферные осадки – один из важнейших экологических факторов, влияющих на процессы загрязнения окружающей среды. При наличии в воздухе водяных паров и загрязнителей (диоксида серы, сероводорода и т. д.) образуется кислотный туман, который повышает кислотность выпадающих на поверхность суши и океана атмосферных осадков.

Атмосферное давление. Сила давления атмосферного столба воздуха, приходящаяся на единицу площади поверхности, называется атмосферным давлением. На уровне моря атмосферное давление примерно равно 101,3 кПа – его принято называть нормальным. Эта величина не остается постоянной для определенной местности. Периодически возникают области с повышенным (антициклоны) и пониженным (циклоны) давлением. Циклоны приносят большое количество осадков, неустойчивую погоду, сильные ветра. Антициклоны характеризуются солнечной устойчивой погодой при малых скоростях ветра. При антициклонах могут возникать устойчивые локальные скопления вредных примесей в атмосфере, что неблагоприятно сказывается на жизнедеятельности организмов.

Все внутренние органы живых организмов наполнены воздухом, имеющим такое же давление, как и внешнее атмосферное давление, т.е. внутреннее давление уравнивается внешнее. В горах на высоте человек сильно ощущает уменьшение давления воздуха, наступает удушье. Рыбы, живущие в океане на больших глубинах, приспособились к большому давлению. Например, на глубине 100 м давление около 1,2 МПа. Поэтому, выловленные на больших глубинах и поднятые на поверхность рыбы гибнут – их разрывает внутреннее давление, не уравновешенное внешним.

Климатические факторы оказывают и прямое, и косвенное влияние на живое вещество биосферы. Но, в свою очередь, живое вещество в значительной мере формирует климат нашей планеты. Например, в дубовом лесу умеренной зоны до поверхности земли доходит только 3,5% количества света, падающего на вершины крон; в вязово-кленовом лесу – лишь 0,4%, а во влажном тропическом лесу – 0,1-0,2%. Картофельная ботва на поле задерживает до 97% световой энергии. Под растительным покровом значительно изменяется и температурный режим. Суточные и сезонные колебания температуры сокращаются, и в целом температурные условия становятся более умеренными, эти различия сказываются и на средних годовых температурах. Так, среднегодовая температура воздуха в плотном лесном массиве в среднем на 4,2-7,3°C выше, чем в окружающем его открытом пространстве.

Наличие растительного покрова резко снижает скорость ветра. Если на опушке традиционного для нашей республики сосново-березового леса средней сомкнутости скорость ветра принять за 100%, то уже на расстоянии 70 м от нее

скорость ветра составит всего 23% от первоначальной. Даже на лугу, когда на высоте 1,5 м скорость ветра составляет 7,6 м/с, в травяном покрове она немногим превышает 1 м/с, а в 7-8 см над землей наблюдается полный штиль.

Растительность весьма интенсивно задерживает выпадающие осадки. Это зависит от состава древесных пород, сомкнутости крон, развития ярусов, а также от силы и интенсивности выпадения осадков.

Факторы водной среды. Площадь поверхности Мирового океана занимает преобладающую часть – 71% от общей площади поверхности Земли. Плотность морской воды более чем в 900 раз, а вязкость почти в 60 раз больше, чем воздуха. Поэтому гидросфера, как среда обитания, существенно отличается от воздушной среды обитания.

Гидросфера является главным аккумулятором солнечной энергии и поэтому оказывает существенное влияние на климатические и погодные явления на Земле. Например, климат в Европе значительно мягче и теплее, чем на одной и той же широте на востоке Азии, из-за огромной энергии, приносимой Гольфстримом к берегам Западного побережья Европы. Отклонения температуры воздуха в январе от среднеширотных величин достигают в Норвегии +15-20°C, в Мурманске – более +11°C.

Распространение и жизнедеятельность организмов в воде зависит от температуры, прозрачности, солёности, количества растворенных газов и кислотности.

Наибольшая концентрация живого вещества наблюдается в шельфовой зоне экваториальных широт. Но при высокой концентрации солей жизнь практически отсутствует. Например, в Мертвом море концентрация солей достигает 270-300 г/л. Живое вещество там представлено лишь некоторыми видами бактерий. От прозрачности воды зависит количество солнечной энергии, проникающей на определенную глубину и соответственно фотосинтез в фитопланктоне. Накопление биомассы происходит в слоях воды, где процессы выделения кислорода в процессе фотосинтеза преобладают над процессами его потребления.

Большое значение имеет величина растворенных газов, в первую очередь кислорода и углекислого газа, т.к. от них зависят фотосинтез и дыхание водообитающих организмов.

Наряду с разного рода климатическими факторами очень важную роль в формировании биосферы играют **почвенно-грунтовые условия**, или так называемые **эдафические факторы**. Почва имеет огромное значение в жизни живых существ на нашей планете. Именно почва явилась той промежуточной средой, которая обеспечила выход жизненных форм из водной среды на сушу и их адаптацию к новым условиям существования. Эдафические факторы деятельно участвовали в эволюции органического мира и одновременно развивались и трансформировались под его воздействием.

По сравнению с другими абиотическими факторами эдафические факторы обладают исключительным своеобразием. Во-первых, в отличие от климатических факторов, они не только прямо или косвенно воздействуют на организмы, но одновременно служат постоянной или временной средой обитания для многих видов живых существ разного уровня организации, т.е. относятся к

средообразующим экологическим факторам. Во-вторых, почва представляет продукт динамического взаимодействия между первичными и вторичными горными породами, климатом и органическим миром, а в настоящее время и человеческой деятельностью. В-третьих, в связи с указанными выше обстоятельствами эдафические факторы находятся как бы на грани абиотических факторов с биотическими. Поэтому иногда почву называют *биокосным телом*.

Эдафические факторы изменчивы в пространстве. Они изменяются по ландшафтным зонам в соответствии с общим законом зональности В.В. Докучаева, а также эдафические условия могут весьма сильно отличаться друг от друга в пределах одной зоны, даже на соседних участках с неодинаковым рельефом, растительностью, микроклиматом. Все эти особенности так или иначе сказываются на органическом мире (на растительности непосредственно, а на животных – и прямо, и косвенно) и в значительной степени формируют биосферу.

Действие **орографических (топографических) экологических факторов** на живые организмы проявляется в виде косвенного воздействия особенностей рельефа местности. Орографические факторы формируют своеобразный микроклимат, определенную среду обитания для живых организмов. Влияние топографии тесно связано с другими абиотическими факторами, так как она может сильно сказываться на местном климате и развитии почвы.

Главным топографическим фактором является *высота*. С высотой снижаются средние температуры, увеличивается суточный перепад температур, возрастают количество осадков, скорость ветра и интенсивность радиации, понижаются атмосферное давление и концентрации газов. Все эти факторы влияют на растения и животных. В результате обычным явлением стала вертикальная зональность.

Горные цепи могут служить климатическими барьерами. Горы служат также барьерами для распространения и миграции организмов и могут играть роль лимитирующего фактора в процессах видообразования.

Еще один топографический фактор – *экспозиция склона*. В Северном полушарии склоны, обращенные на юг, получают больше солнечного света, поэтому интенсивность света и температура здесь выше, чем на дне долин и на склонах северной экспозиции. В Южном полушарии имеет место обратная ситуация.

Важным фактором рельефа является также *крутизна склона*. Для крутых склонов характерны быстрый дренаж и смывание почв, поэтому здесь почвы маломощные и более сухие, с ксероморфной растительностью. Если уклон превышает 35°, почва и растительность обычно не образуются, а создаются осыпи из рыхлого материала.

2.3.2. Биотические факторы

Биотические факторы – это совокупность воздействий одних организмов на другие в процессе жизнедеятельности. Эти воздействия чрезвычайно сложны и многообразны. В самом общем случае их можно разделить на *прямые* и *косвенные*.

получают энергию для своей жизнедеятельности, поедая растения. В свою очередь они являются источником энергии для хищников.

Косвенное воздействие заключается в том, что некоторые организмы образуют среду обитания для других. Например, в лесу создается своеобразная среда обитания для птиц и животных, жизнедеятельность которых в условиях степи уже невозможна.

Выделяют следующие наиболее существенные формы биотических взаимоотношений: *симбиоз, нейтрализм, антибиоз, конкуренция, хищничество, паразитизм, комменсализм, аменсализм, мутуализм, и протокооперация* (рисунок 2.3).



Рисунок 2.3 – Виды биотических взаимоотношений

1. *Симбиоз (сожительство)* – форма биотических взаимоотношений, из которых оба партнера или хотя бы один извлекают пользу.

Симбионтами могут быть растения, животные, грибы, бактерии. Симбиоз различают по степени соединения партнеров и по их пищевой зависимости друг от друга. Примерами пищеобусловленных симбионтов могут быть клубеньковые бактерии и бобовые растения, мицелий некоторых грибов и корни деревьев, термиты и простейшие их кишечника и т. д. Одноклеточные водоросли поселяются в коралловых полипах и морских губках для получения убежища и защиты; актиния красуется на раковине краба-отшельника, она питается остатками его пищи, обеспечивая ему защиту от хищников своими ядовитыми щупальцами, выполняя санитарные функции и привлекая своими выделениями добычу хозяина.

Симбиоз подразделяется на *мутуализм, протокооперацию и комменсализм.*

2. *Мутуализм* – форма симбиоза, при которой присутствие каждого из двух видов становится обязательным для обоих, каждый из сожителей получает относительно равную пользу, и партнеры (или один из них) не могут существовать друг без друга.

Типичный пример мутуализма – отношения термитов и жгутиковых простейших, обитающих в их кишечнике. Термиты питаются древесиной, однако у них нет ферментов для переваривания целлюлозы. Жгутиконосцы вырабатывают такие ферменты и переводят клетчатку в сахара. Без простейших – симбионтов –

такие ферменты и переводят клетчатку в сахара. Без простейших – симбионтов – термиты погибают от голода. Сами же жгутиконосцы помимо благоприятного микроклимата получают в кишечнике пищу и условия для размножения.

3. Протокооперация – форма симбиоза, при которой совместное существование выгодно для обоих видов, но не обязательно для них. Это тип взаимоотношений между двумя организмами (популяциями), при котором оба получают пользу, но который нередко не является обязательным и взаимосвязь просто случайна. В этих случаях отсутствует связь именно этой, конкретной пары партнеров.

Примером протокооперации являются взаимоотношения мелких рыбок семейства губановых и крупных хищных мурен. Среди губановых имеются так называемые рыбы-чистильщики, освобождающие крупных рыб от наружных паразитов, находящихся на коже, в жаберной и ротовой полостях. Крупные хищники, в том числе мурены, страдающие от паразитов, приплывают в места обитания губанов и дают им возможность уничтожать паразитов даже у себя во рту, хотя могли бы с легкостью их проглотить.

4. Комменсализм – это такой тип биотических взаимоотношений между двумя видами, при котором деятельность одного из них предоставляет пищу, убежище или защиту другому. Комменсалы односторонне используют другой вид, извлекая при этом для себя пользу, но не принося никакого вреда или заметной выгоды партнеру. Комменсализм может рассматриваться в определенной мере как одна из разновидностей симбиоза.

5. Нейтрализм – тип биотической связи, при которой совместно обитающие организмы (или виды) не влияют друг на друга. В природе истинный нейтрализм крайне редок, поскольку между всеми видами возможны косвенные взаимоотношения.

6. Антибиоз – тип биотической связи, когда обе взаимодействующие популяции (или одна из них) испытывают отрицательное влияние друг друга.

7. Аменсализм – форма биотического взаимодействия двух видов, при котором один вид причиняет вред другому виду, не получая при этом ощутимой для себя пользы. Такая форма взаимодействий в большей степени присуща растительным организмам (древесные растения и травянистые под их кронами). Аменсализм регулирует численность организмов путем их распределения и взаимного подбора. Аналогичный результат наблюдается и в том случае, когда одна популяция вырабатывает вещество, вредно действующее на конкурирующую с ней соседнюю популяцию. Такое взаимодействие обычно называется антибиозом.

8. Конкуренция – это отрицательное воздействие особей или популяций друг на друга в борьбе за пищу, местообитание и другие необходимые для существования вида условия. Например, в случае ограничения пищевых ресурсов два одинаковых в экологическом отношении и по потребностям вида существовать не могут, начинается неизбежное взаимоуничтожение в борьбе за пищу вплоть до полного уничтожения или максимального подавления одного из ви-

дов (Закон конкурентного исключения Г. Гаузе). Причем острые конкурентные взаимоотношения свойственны всем представителям живой природы – от вирусов до человека.

Наиболее отчетливо конкуренция как форма биотической связи проявляется на популяционном уровне. При росте популяции, когда численность ее особей достигает такой величины, что не может быть обеспечено нормальное существование и развитие данной популяции, вступают в действие внутренние физиологические механизмы регуляции численности: увеличивается смертность, снижается плодовитость, рождаются преимущественно особи мужского пола и т.д. В популяциях, где пространство и пища становятся предметами конкуренции, обычно наблюдаются явления каннибализма, накопление токсичных продуктов обмена веществ, рассасывание эмбрионов у самок, а также другие явления, автоматически ограничивающие рост численности особей. Следует отметить, что конкурентные отношения – это один из основных механизмов формирования видового состава сообщества, пространственного распространения видов и регуляции их численности. В классической экологии считается, что эти отношения играют основополагающую роль в эволюционном процессе развития и формирования видов.

Конкуренция бывает *внутривидовая* и *межвидовая*. Если численность популяции невелика, то внутривидовая конкуренция выражена слабо и ресурсы имеются в изобилии. При высокой плотности популяции интенсивная внутривидовая конкуренция снижает наличие ресурсов до уровня, сдерживающего дальнейший рост, тем самым регулируется численность популяции. Межвидовая конкуренция – взаимодействие между популяциями, которое неблагоприятно сказывается на их росте и выживаемости. При завозе в Британию из Северной Америки каролинской белки уменьшилась численность обыкновенной белки, т.к. каролинская белка оказалась более конкурентоспособной.

Конкуренция бывает прямая и косвенная.

Прямая конкуренция – это внутривидовая конкуренция, связанная с борьбой за место обитания, в частности защита индивидуальных участков у птиц или животных, выражающаяся в прямых столкновениях. При недостатке ресурсов возможно поедание животных особей своего вида (волки, рыси, хищные клопы, пауки, крысы, щука, окунь и т.д.)

Косвенная конкуренция может возникнуть между кустарниками и травянистыми растениями. Тот вид, который обосновался первым, исключает другой тип. Быстро растущие травы с глубокими корнями снижали содержание влаги в почве до уровня непригодного для кустарников. А высокой кустарник затенял травы, не давая им произрастать из-за нехватки света.

9. *Хищничество* – это чрезвычайно широко представленные в природе отношения между живыми организмами, один из которых является хищником (охотником), а другой – его жертвой. Хищники используют другие живые организмы как объект питания. Спектр объектов питания хищников обычно широк за счет возможного переключения с одной добычи на другую, которая в данный

момент более многочисленна и легкодоступна. Эти биологические отношения с экологической точки зрения благоприятны для одного вида и неблагоприятны для другого. Виды приобретают такой образ жизни и такие численные соотношения, которые вместо постепенного исчезновения хищника или жертвы обеспечивают их сосуществование. Обычно численность жертв значительно превышает численность хищников, плодовитость жертв также значительно выше плодовитости хищников и т.д.

Так как хищничество связано с активным поиском и овладением сопротивляющейся, убегающей, путающей свои следы жертвой, у хищников выработались разнообразные экологические адаптации – развитие органов чувств, скорость бега, быстрота реакции, ряд специфических анатомо-физиологических особенностей и т.д. В свою очередь, жертвам также присущи экологические приспособления к своему статусу – покровительственная окраска, шипы, иглы, инстинкт затаивания, использования убежищ и пр. Такие экологические связи «хищник–жертва» направляют ход эволюции сопряженных видов.

10. Паразитизм – форма антибиоза, когда представители одного вида используют питательные вещества или ткани особей другого вида, а также его самого в качестве временного или постоянного местообитания. Это форма биотических связей разных видов, при которой один организм живет за счет другого, обитая либо внутри, либо на поверхности тела организма-хозяина. При этом организм-паразит использует организм-хозяин не только как источник пищи, но и как место постоянного или временного обитания. В зависимости от длительности контакта между организмами, участвующими в этих отношениях, паразитизм может быть *постоянным (стационарным)*, *временным (облигатным)* или *полупаразитизмом*. В случае *постоянного паразитизма* организм-паразит находится в организме-хозяине постоянно и вне его существовать не может (малярийный плазмодий, паразитические амёбы и инфузории и др.).

Временный (облигатный) паразитизм характеризуется более сложными циклами развития организма-паразита и наличием промежуточного хозяина (паразитические грибы, плодоярка яблоневая, аскариды, нематоды и др.), т.е. организм-паразит использует организм-хозяин в какое-то определенное время своего жизненного цикла, переходя затем к другому организму-хозяину, практически не существуя в окружающей среде в свободном состоянии.

Полупаразитизм присущ таким организмам, которые могут часть своего жизненного цикла существовать независимо от другого организма или получать часть необходимых жизненных ресурсов самостоятельно, а другую часть получать за счет организма-хозяина (омела, лишайники и др.).

По месту обитания среди паразитов выделяют *эндо-* и *эктоформы*. *Эндопаразиты* обитают в теле хозяина и питаются его тканями или содержимым пищеварительного тракта (эхинококк, паразитические черви, малярийный плазмодий и др.). *Эктопаразиты* обитают на поверхности тела хозяина и обладают достаточной подвижностью, чтобы переходить от одной особи к другой (блохи, вши, пухоеды, некоторые клещи и др.).

Критерием паразитизма является *специфичность*, т.е. зависимость паразита от конкретного вида организма-хозяина, за счет которого он существует, приобретает специализированные анатомические, морфологические, физиологические приспособления именно к данному виду организма-хозяина. Паразитизм по своей природе является высшей формой хищничества.

2.3.4. Антропогенные факторы

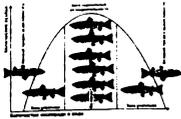
Антропогенные (антропические) факторы среды обусловлены непосредственной хозяйственной деятельностью человека, точнее, совокупностью разнообразных его воздействий на окружающую среду и биосферу в целом.

Антропогенные факторы среды чаще всего проявляются в форме разного рода загрязнений биосферы: *механического, химического, биологического, физического, биоценотического и ландшафтного.*

Вмешательство человека в естественные процессы изменяет состав биосферы и ее свойства. Изменение условий среды обитания влияет не только на растения и животных, но и изменяет природу человека.

Хозяйственная деятельность человека, приобретая все более глобальный характер, начинает оказывать весьма ошутимое влияние на процессы, происходящие в биосфере. До определенного уровня биосфера способна к саморегуляции, что позволяет свести к минимуму негативные последствия деятельности человека. Но существует предел, когда биосфера уже не в состоянии поддерживать равновесие. Начинаются необратимые процессы, приводящие к экологическим катастрофам.

Человечество существенно изменило ход течения целого ряда процессов в биосфере, в том числе биохимического круговорота и миграции ряда элементов. Поэтому в настоящее время, хотя и медленно, происходит качественная и количественная перестройка всей биосферы планеты.



Тема 3. ОСНОВНЫЕ ЗАКОНЫ И ПРИНЦИПЫ ЭКОЛОГИИ

3.1. Адаптация организмов

В природе каждое поколение любого вида подвергается отбору на *выживаемость* и *воспроизводство*. Особи, которые выживают и размножаются, передают свои гены следующему поколению, а гены тех, что погибли, не оставив потомства, отсеиваются из генофонда. Таким образом, генофонд каждого вида испытывает действие *естественного отбора*. Поэтому почти все признаки организма служат выживанию и воспроизводству.

Адаптация – это процесс приспособления живых организмов к определенным условиям внешней среды.

Способность к адаптациям – одно из основных свойств жизни вообще, обеспечивающее возможность ее существования, возможность организмов выживать и размножаться. Адаптации проявляются на разных уровнях – от биохимии клеток и поведения отдельных организмов до строения и функционирования сообществ и экологических систем.

Существуют следующие виды адаптации:

1. Адаптация к климатическим и другим абиотическим факторам (чистая шерсть, перелет птиц на юг, зимняя спячка у медведей, опадение листвы, холодостойкость хвойных деревьев).
2. Адаптация к добыванию пищи и воды (у жирафа длинная шея, чтобы есть листья с деревьев, паук плетет сеть, хищники быстро бегают, длинные корни растений в пустыне).
3. Адаптация, направленная на защиту от хищников и устойчивость к заболеваниям и паразитам (заяц – быстрый бег, еж – иглы, заяц – окраска, комочки у растений).
4. Адаптация, обеспечивающая поиск и привлечение партнера у животных и опыление у растений (яркое оперение, запах, яркий цвет у цветков).
5. Адаптация к миграциям у животных и распространение семян у растений (перелет птиц, стада лошадей, крылья у семян для переноса ветром, колючки у семян).

При изменении любого абиотического или биотического экологического фактора вид будет подвержен:

1. *Миграции* – часть популяции может найти новое местообитание с подходящими условиями и продолжить там свое существование.
2. *Адаптации* – в генофонде могут присутствовать гены, которые позволят некоторым особям выжить в новых условиях и восстановить потомство. Через несколько поколений под действием естественного отбора возникнет популяция, хорошо приспособившаяся к новым условиям.
3. *Вымиранию* – если ни одна пара особей не может мигрировать, спасаясь от воздействия неблагоприятных факторов, а те выходят за пределы устойчивости всех индивидов, то популяция исчезнет (динозавры).

Именно за счет адаптаций живые организмы оккупировали все возможные сферы обитания на планете. Выживание вида обеспечивается его генетическим разнообразием и слабыми колебаниями внешних условий. Если генофонд очень разнообразен, даже при сильных изменениях среды некоторые особи сумеют выжить. При низком разнообразии генофонда, наоборот, малейшее изменение среды может привести к вымиранию вида, поскольку генов, позволяющих особям противостоять отрицательному воздействию, не найдется.

Если изменения малозаметны и (или) происходят постепенно, большинство видов сумеет приспособиться и выжить. Возможны такие катастрофические изменения (ядерная война), что не выживет ни один вид.

На выживание также влияет *географическое распространение*. Чем шире распространен вид, тем, как правило, выше его генетическое разнообразие, и наоборот. Кроме того, при обширном ареале некоторые его участки могут быть удалены или изолированы от районов, где нарушались условия существования, в них вид сохранится, даже если исчезнет из других мест.

Если в новых условиях часть особей выжила, то восстановление популяции и дальнейшая адаптация будут зависеть от *скорости воспроизведения*, поскольку изменение признаков происходит только путем отбора в каждом поколении. Например: пара насекомых дает несколько сотен потомков, которые проходят жизненный цикл в течение нескольких недель. Известно, что скорость воспроизведения у насекомых в тысячу раз выше, чем у птиц, выкармливающих 2-6 птенцов в год, и одинаковый уровень приспособленности к новым условиям разовьется во столько же раз быстрее. Стоит ли удивляться, что насекомые быстро адаптируются и приобретают устойчивость к применяемым против них пестицидам, тогда как другие дикие виды от этого гибнут.

Важны и размеры организма. Мухи могут существовать и в мусорном ведре, тогда как крупным животным для выживания нужны обширные пространства. Сельское хозяйство с его узкой генетической базой оказывается беззащитным. Сокращение генетического разнообразия, с одной стороны, и ускоряющееся ухудшение окружающей среды, с другой стороны, не способствуют устойчивости биосферы. Поэтому в ближайшие 50 лет человечеству предстоит сделать выбор: или создать устойчивую человеческую экосистему, или стать свидетелями глобальной катастрофы.

3.2. Основные экологические закономерности

Экологические факторы не являются постоянными. Некоторые из них носят ярко выраженный динамический характер, например, суточные и годовые колебания температуры, поступление солнечной энергии и т.д.

Кроме природных изменений экологических факторов, имеются и антропогенные изменения. Вмешательство человека в природные системы также изменяет экологические факторы. Например, создание крупных водохранилищ изменяет климат на обширной прилегающей территории.

Формирование живых организмов происходит под непрерывным воздействием экологических факторов. Поэтому каждому организму требуются уровни экологических факторов в строго определенных границах. Если количество экологических факторов и их уровни соответствуют наследственно закрепленным требованиям организма (генотипу), то данный организм способен выживать и давать жизнеспособное потомство.

Любому живому организму для обеспечения процессов жизнедеятельности необходимы различные вещества, причем некоторые из них в крайне малых количествах. Немецкий агрохимик член-корреспондент Петербургской академии наук **Юстус Либих** в 1840 г. высказал теорию минерального питания растений. Он установил, что развитие и урожайность растений зависит не от тех питательных веществ, которые присутствуют в изобилии, а от тех, которые необходимы в очень незначительных количествах. Либих писал: *«Если в почве или атмосфере один из элементов, участвующих в питании растений, находится в недостаточном количестве или не обладает достаточной усвояемостью, растение не развивается или развивается плохо. Отсутствие или недостаток одного из необходимых элементов при наличии в почве всех прочих делает последнюю бесплодной для всех растений, для жизни которых этот элемент необходим»*. При этом Либих рисовал бочку с дырками, показывая, что именно самая нижняя дырка в бочке определяет уровень жидкости в ней (рисунком 3.1).



Рисунок 3.1 –
Бочка Либиха

Как выяснилось позже, этот закон справедлив не только для растений, но и для всех живых организмов. Современная трактовка этого закона, называемого **законом минимума Либиха**, следующая: *экологические факторы, особенно удаленные от оптимального значения, наиболее существенно лимитируют возможность существования вида в данных условиях, несмотря на оптимальное значение остальных факторов*.

Лимитирующими факторами могут быть любые экологические факторы: недостаток влаги, света, тепла, отсутствие в почве питательных веществ и др. Например, недостаток влаги ограничивает распространение малоподвижных животных в пустынях и полупустынях. В морях, водоемах лимитирующим фактором развития организмов является недостаток азота и фосфора. Смысл азотных и фосфорных удобрений в водоемы при неправильном их внесении в почву приводит к бурному развитию водорослей и других растений и, в конце концов, к зарастанию водоема.

Э. Рюбель в 1930 г. из закона Либиха вывел как дополнительное следствие **закон компенсации факторов**, согласно которому *отсутствие или недостаток некоторых экологических факторов может быть компенсирован другими, функционально или физически близкими факторами*. Например, некоторые моллюски при отсутствии или значительном дефиците кальция могут использовать стронций для строительства раковин. Однако подобные возможно-

сти крайне ограничены. В соответствии с **законом Вильямса** (1949) *отсутствие фундаментальных экологических факторов (света, воды, углекислого газа, кислорода, азота, фосфора, калия и др.) не может быть компенсировано другими факторами.*

Американский зоолог профессор Иллинойского университета Виктор Э. Шелфорд (1877-1968) при изучении действия лимитирующих факторов на насекомых в 1913 г. пришел к выводу, что *лимитирующим фактором процветания организма может быть как минимум, так и максимум экологического фактора. Диапазон между минимумом и максимумом фактора определяет величину толерантности (выносливости) организма к данному фактору.* Это положение называют **законом толерантности Шелфорда**. Из данного закона вытекает важнейшее следствие: любой избыток вещества или энергии вреден для организмов и является загрязнителем окружающей среды. Например, исследования рыб в водоемах, связанных с системой конденсации ТЭЦ и соответственно имеющих повышенную температуру воды, показали повышенную смертность в их популяции. Рыбы тратили большое количество энергии на охлаждение организма. В результате энергии на обеспечение других процессов жизнедеятельности не хватало.

Интенсивность экологического фактора, наиболее благоприятная для жизнедеятельности организма, называется *оптимумом*, а дающая наихудший эффект – *пессимумом*, т.е. условия, при которых жизнедеятельность организма максимально угнетается, но он еще может существовать.

Так, при выращивании растений при различных температурах точка, при которой наблюдается максимальный рост, и будет *оптимумом*. В большинстве случаев это некий диапазон температур, составляющий несколько градусов, поэтому лучше здесь говорить о *зоне оптимума*.

Весь интервал температур, от минимальной до максимальной, при которых еще возможен рост, называют *диапазоном устойчивости* (выносливости) или толерантности. Точки, ограничивающие его, т.е. максимальная и минимальная пригодная для жизни температура – это *пределы устойчивости*.

Между зоной оптимума и пределами устойчивости по мере приближения к последним растение испытывает все нарастающий стресс, т.е. речь идет о *стрессовых зонах* или *зонах угнетения* в рамках диапазона устойчивости (рисунок 3.2).

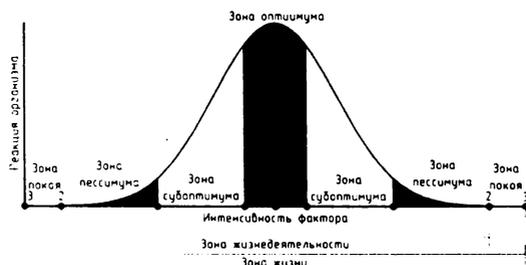


Рисунок 3.2 – Зависимость выносливости организма от интенсивности экологического фактора

По мере удаления от оптимума вниз и вверх по шкале усиливается стресс, в конечном итоге по достижении пределов устойчивости организма происходит его гибель. Подобные эксперименты можно провести и для проверки влияния других факторов. Результаты графически будут соответствовать кривой подобного же типа.

Повторяемость наблюдаемых тенденций дает возможность сделать заключение, что здесь речь идет о фундаментальном биологическом принципе. Для каждого вида растений (животных) существуют оптимум, стрессовые зоны и пределы устойчивости или выносливости в отношении каждого средового фактора.

При значениях фактора, близких к пределам выносливости или толерантности, организм обычно может существовать лишь непродолжительное время. В более узком интервале условий возможно длительное существование и рост особей. Еще в более узком диапазоне происходит размножение, и вид может существовать неограниченно долго. Обычно где-то в средней части диапазона устойчивости имеются условия, наиболее благоприятные для жизнедеятельности, роста и размножения. Эти условия называют оптимальными, в которых особи данного вида оказываются наиболее приспособленными, т.е. оставляют наибольшее число потомков. На практике выявить такие условия сложно, и обычно определяют оптимум для отдельных показателей жизнедеятельности – скорости роста, выживаемости и т. п.

Таким образом, основной смысл законов Либиха и Шелфорда заключается в том, что как недостаток, так и избыток экологических факторов для организмов одинаково вреден для живого организма.

Из вышесказанного следует важнейшее *правило охраны окружающей среды*: охранять окружающую среду – значит обеспечивать состав и режимы экологических факторов в пределах унаследованной толерантности живого организма.

Свойство видов адаптироваться к тому или иному диапазону факторов среды обозначается понятием *экологическая пластичность* (*экологическая валентность*) вида. Чем шире диапазон колебаний экологического фактора, в пределах которого данный вид может существовать, тем больше его экологическая пластичность.

Виды, способные существовать только при небольших отклонениях от оптимальной величины фактора, называются *узкоспециализированными*, а выдерживающие значительные изменения фактора – *широкоприспособленными*. К узкоспециализированным видам относятся, например, организмы пресных вод, нормальная жизнь которых сохраняется при низком содержании солей в среде. Для большинства обитателей морей, наоборот, нормальная жизнедеятельность сохраняется при высокой концентрации солей в окружающей среде. Отсюда пресноводные и морские виды обладают невысокой экологической пластичностью по отношению к солености. В то же время, например, трехиглой колючке свойственна высокая экологическая пластичность, так как она может жить как в пресных, так и в соленых водах.

Экологически выносливые виды называют *эврибионтными* (*euros* – широкий): *маловыносливые* – *стенобионтными* (*stenos* – узкий). Эврибионтность и стенобионтность характеризуют различные типы приспособления организмов к выживанию. Виды, длительное время развивающиеся в относительно стабильных условиях, утрачивают экологическую пластичность и вырабатывают черты стенобионтности, тогда как виды, существовавшие при значительных колебаниях факторов среды, приобретают повышенную экологическую пластичность и становятся эврибионтными.

Отношение организмов к колебаниям того или иного определенного фактора выражается прибавлением к названию экологического фактора приставки «эври-» или «стено-». Например, по отношению к температуре различают эври- и стенотермные организмы, к концентрации солей – эври- и стеногалинные, к свету – эври- и стенофотные и др. По отношению ко всем факторам среды эврибионтные организмы встречаются редко. Чаще всего эври- или стенобионтность проявляется по отношению к одному фактору.

Растение, являясь эвритермным, одновременно может относиться к стеногигробионтам, т.е. быть менее стойким относительно колебаний влажности.

Эврибионтность, как правило, способствует широкому распространению видов. Многие простейшие, грибы (типичные эврибионты) являются космополитами и распространены повсеместно.

Стенобионтность обычно ограничивает ареалы. В то же время, нередко благодаря высокой специализированности, стенобионтам принадлежат обширные территории. Например, рыбацкая птица скопа (*Pandion haliaetus*) – типичный стенофаг, но по отношению к другим факторам является эврибионтом, т.к. обладает способностью в поисках пищи передвигаться на большие расстояния и посему занимает значительный ареал.

3.3. Экологическая ниша организмов

На протяжении миллионов лет эволюции произошла адаптация организмов к определенным факторам окружающей среды. Причем эти особенности организма в процессе естественного отбора закрепляются наследственно. Унаследованные требования организма к качественным и количественным показателям экологических факторов определяют географические границы распространения того вида, к которому данный организм принадлежит. Эти границы называют *ареалом*. Например, трудно представить слона в полярных льдах или тюленя в озере Нарочь.

Таким образом, любой организм способен оптимально обитать в том месте, какое установила ему эволюция на протяжении тысячелетий, начиная с его предков. Для обозначения этого места экология использует термин «экологическая ниша».

Экологическая ниша – это место, которое отвечает требованиям организма к количественным и качественным показателям экологических факторов.

Каждый вид имеет свою, только ему присущую экологическую нишу. Два даже очень близких вида не могут занимать одну экологическую нишу.

Человек также имеет свою экологическую нишу. Как биологический вид он может обитать только в пределах тропиков и субтропиков. По вертикали ниша простирается до 3,5 км над уровнем моря. Но в отличие от других животных ему присущи такие основные специфические качества, как разум, членораздельная речь, способность целенаправленно трудиться, биосоциальность. Благодаря этому человек существенно расширил границы своего начального ареала.

Но за пределами начального ареала он может выживать лишь с помощью созданных им защитных устройств и систем (отапливаемые жилища, транспортные системы, теплая одежда и обувь и т.д.). Защитные устройства и системы позволяют преодолевать неблагоприятное воздействие экологических факторов и создавать *искусственную экологическую нишу*.

Вместе с тем созданные человеком упомянутые устройства и системы сами являются источником неблагоприятных антропогенных экологических факторов. В условиях промышленных предприятий это – шум, вибрация, электромагнитные поля, повышенная или пониженная температура, опасность поражения электрическим током, загазованность и др. Для снижения воздействия этих факторов на человека (им же самим и созданных) разработана система организационных, технических и правовых мероприятий. При невозможности обеспечения оптимального диапазона антропогенных факторов ограничивается рабочий день, рабочая неделя, трудовой возраст и т.д. В целом для биосферыисточники неблагоприятных факторов – это загрязнение атмосферы, водных источников и почвы. По отношению к верхнему пределу этих факторов устойчивость организма человека мала. В соответствии с законом Шелфорда данные факторы являются лимитирующими, разрушающими экологическую нишу человека и других организмов. Поэтому на данном этапе развития цивилизации достаточно остро стоит вопрос сохранения экологических ниш живых организмов, особенно человека. Либо ниша будет сохранена для настоящих и будущих поколений, либо человек обречен на исчезновение как биологический вид.

Тема 4. ЭКОЛОГИЯ ПОПУЛЯЦИЙ



4.1. Структура популяций

Закон толерантности Шелфорда рассматривает действие экологического фактора на единичный организм. При изучении воздействия какого-либо фактора на группу организмов одного вида оказывается, что для каждого организма оптимальная область, величина толерантности и область угнетения несколько различаются.

На рисунке 4.1 приведена упомянутая зависимость для трех организмов одного вида. При одних и тех же значениях экологического фактора для первого организма это будет оптимальная область, для второго и третьего – область угнетения.

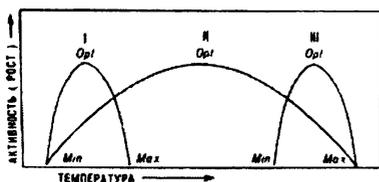


Рисунок 4.1 – Диапазоны устойчивости организмов к действию экологического фактора

Таким образом, все живые организмы, для того чтобы обеспечить устойчивое существование и воспроизводство в условиях изменяющихся экологических факторов, должны существовать группами, которые называются *популяциями*.

Популяция – это любая совокупность особей одного вида, способных обмениваться генетической информацией, обладающих всеми необходимыми условиями для поддержания своей численности и существующих неопределенно длительное время на данной территории (В.В. Маврищев, 2000). Это совокупность особей вида с общими условиями, необходимыми для поддержания его численности на определенном уровне в течение длительного периода, и с известными свойствами, определяющими единство особей, например общность ареала и происхождения, свободное скрещивание, сходство морфологических и других признаков.

Каждый вид состоит из одной или нескольких популяций. Она имеет возрастную структуру и определенное отношение полов (не равное 1:1), зачастую сложную пространственную структуру, подразделяющуюся на иерархические группы: *географические популяции*, *экологические (местные) популяции* и *микрораспуляции*. Экологическая популяция является подсистемой географической популяции.

В результате хозяйственной деятельности человека образовались также природно-антропогенные популяции. Например, популяция колорадского жука в Беларуси связана с выращиванием картофеля. В местах обитания человека, размещения отходов жизнедеятельности возникают популяции грызунов и насекомых (мухи, тараканы, мыши, крысы и т.д.). Они могут быть возбудителями и переносчиками опасных инфекционных заболеваний, т.е. выступать в качестве опасных экологических факторов.

Популяции бывают нескольких типов:

- *равновесные*, или *наиболее устойчивые* (многолетние растения, позвоночные животные), находящиеся в состоянии равновесия с ресурсами и их плотностью;
- *оппортунистические* (однолетние растения, насекомые), дающие в процессе роста регулярные или случайные всплески, чередующиеся со спадами численности.

Структура популяции, колебания численности зависят от особенностей популяции, режима факторов среды.

Каждая популяция занимает определенную *экологическую нишу*, обеспечивающую совокупность всех требований организмов, обитающих в ней, к факторам окружающей среды и месту, где эти требования удовлетворяются. Иными словами – вид или популяция занимают в природе свою экологическую нишу, обусловленную потребностью в территории и пище.

Популяции характеризуются рядом признаков, причем они присущи группе в целом, а не отдельным ее особям. К таким характеристикам относятся *статические* и *динамические показатели структуры*.

С помощью *статических показателей* характеризуется структура популяции на данный момент времени. К ним относятся: *численность, плотность популяции, половой, размерный и возрастной показатели структуры*.

Численность популяции – это количество особей данного вида в популяции. Численность популяции не бывает постоянной и колеблется в том или ином пределе.

В последние 100-150 лет человек оказывает существенное влияние на многие природные популяции, причем, как правило, в сторону уменьшения их численности. При низкой численности популяций уменьшается вероятность скрещивания, ухудшаются показатели естественного отбора. Это относится как к животному, так и к растительному миру.

Виды, находящиеся под угрозой исчезновения, заносят в особые перечни – Красные книги. Эти виды находятся под особой охраной государств и международных организаций.

Плотность популяции – это численность популяции, отнесенная к единице площади или объема. Особи в популяциях могут находиться в скудном состоянии, равномерно и случайно друг от друга.

Популяции разных видов различным образом распределены по своим местообитаниям для того, чтобы иметь больше преимуществ в обеспечении пищи, убежищем и другими ресурсами, избегать или защищать себя от хищников или, наоборот, чтобы найти жертву. Часто члены популяции собираются в маленькие группы по всему ареалу обитания. Одной из причин этого является то, что ресурсы, необходимые для выживания и воспроизводства, редко распространены равномерно, некоторые участки местообитания предоставляют либо лучшую защиту для жертв, либо лучшие условия охоты для хищников. Это распределение популяции часто меняется в зависимости от изменения условий окружающей среды.

Равномерное распределение особей в пространстве возможно только при антропогенном вмешательстве, например при: возделывании сельскохозяйственных культур, посадке зеленых насаждений, содержании в клетках животных и т.п.

Половой показатель структуры характеризует соотношение в популяции мужских и женских особей.

Размерный показатель структуры характеризует соотношение особей различной размерности.

Возрастной показатель структуры характеризует соотношение особей разных возрастных периодов: пререпродуктивного, репродуктивного и пострепродуктивного.

Динамические показатели структуры характеризуют изменения в популяции за определенный промежуток времени. К таким показателям относятся *рождаемость* и *смертность*.

Изменение уровня рождаемости или уровня смертности является основной реакцией большинства видов на объем доступных ресурсов или другие изменения окружающей среды. Благоприятные изменения обычно вызывают увеличение популяции путем превышения рождаемости над смертностью. Неблагоприятные изменения приводят к обратному процессу.

Особи некоторых видов животных могут избежать или уменьшить действие резкого изменения факторов окружающей среды, покидая территорию своего обитания (эмиграция) и мигрируя на другую (иммиграция) с более благоприятными экологическими условиями и лучшей обеспеченностью ресурсами. Таким образом, четыре фактора – рождаемость, смертность, иммиграция и эмиграция – определяют скорость изменения числа особей в популяции за определенный промежуток времени. Структура популяции в отношении особей разного возраста и пола может меняться. Старые, очень молодые и слабые члены популяции могут погибнуть в результате резких изменений окружающей среды. Оставшаяся часть популяции приобретает большую устойчивость к таким стрессам, как более суровый климат, увеличение численности хищников или болезнетворных организмов.

Рождаемость живых организмов определяется несколькими основными характеристиками. Одна из них – соотношение выжившего потомства, вылупившегося или родившегося, к числу самок в конце периода размножения. Например, самки калифорнийских кондоров откладывают только 1 или 2 яйца. Это делает данный вид более уязвимым к вымиранию, нежели такие виды, как утки и куропатки, которые откладывают и высиживают от 8 до 15 яиц одновременно.

Самки некоторых рыб мечут тысячи или даже миллионы икринок каждый год. Крысы и мыши 4 раза в год приносят приплод примерно с 6-ю детенышами в одном помете. Рождаемость видов также зависит от того, сколько раз в году самки проходят через полный цикл размножения и от продолжительности беременности. Луговая полевка с периодом беременности всего лишь 21 день может производить большое количество детенышей за короткий период. Африканский слон имеет период беременности почти 2 года и не рождает более до тех пор, пока его детеныш не станет достаточно взрослым. Таким образом, у слонов рождается всего 1 детеныш как минимум каждые 2,5 года.

Когда плотность популяции, живущей на конкретной территории, падает ниже определенного уровня, особи могут иметь трудности в поиске партнеров и рождаемость может упасть. Аналогичная картина наблюдается и в тех случаях, если плотность популяции становится слишком высокой для достаточного обеспечения пищей, что сказывается на здоровье продуктивных особей. При перенаселенности и стрессовых условиях некоторые виды, такие, как крысы, испытывают резкое падение рождаемости, даже если наблюдается избыток пищи.



Рисунок 4.2 – Кривая выживаемости отдельных видов

Смертность особей и возрастная структура видов зависят от того, какие шансы для выживания имеют особи в различных возрастных группах. Наглядную информацию дает кривая выживаемости отдельных видов (рисунок 4.2), полученная путем подсчета процента живых особей в отдельной популяции. Для большинства видов такая кривая обычно может быть одним из трех наиболее типичных вариантов.

Смертность зависит и от других факторов. Один из них – межвидовая конкуренция: конкуренция между особями двух или более различных видов за питание и другие ресурсы. Другой фактор – это внутривидовая конкуренция: конкуренция между особями одного вида за скудные ресурсы. Смертность может также увеличиться из-за наличия хищников, болезней и паразитов, стресса от перенаселенности, потери или ухудшения естественной среды обитания в результате человеческой деятельности, из-за природных катаклизмов, таких, как засухи, землетрясения, ураганы, пожары и наводнения.

Едва ли не каждый организм способен увеличить свою численность до заселения всей Земли при условии достатка пищи, воды, пространства и защиты от врагов. Это процесс *максимальной рождаемости популяции*. При неограниченных ресурсах такие быстроразмножающиеся виды, как бактерии, насекомые, мыши и некоторые рыбы, могут сделать это за короткий отрезок времени. Например, при отсутствии ограничений один вид бактерий полностью заселил бы нашу планету за 30 дней. Почему же этого не происходит? Потому что природные условия не столь идеальны, а ресурсы ограничены. Такие лимитирующие факторы, как наличие хищников, внутри- и межвидовая конкуренция, недостаток пищи, болезни, неблагоприятные климатические условия, отсутствие подходящих местообитаний, как правило, останавливают рост популяции ниже

уровня максимальной рождаемости. Максимальный размер популяции одного вида, который природная экосистема способна поддерживать в определенных экологических условиях неопределенно долго, называется *поддерживающей емкостью экосистемы* для данного вида или просто *емкостью экосистемы*.

При ограниченных ресурсах размеры популяции того или иного вида также ограничены, и смертность начинает расти, когда численность популяции достигает или временно превышает емкость экосистемы.

Виды, чья численность находится из года в год на уровне емкости окружающей среды, имеют относительно стабильные популяции. Подобное постоянство в размерах популяции характерно для многих видов дикой природы и встречается, например, в нетронутых тропических дождевых лесах, где среднегодовая температура и количество осадков крайне мало изменяются день ото дня и год от года.

Некоторые виды, такие, как енот, обычно имеют довольно стабильную численность популяции, но иногда их число резко возрастает, или «подскакивает» до наивысшей отметки, а затем стремительно падает до относительно стабильного низкого уровня. Такие виды относятся к популяциям со скачкообразным ростом численности. Внезапные увеличения численности происходят тогда, когда временно повышается емкость среды для данной популяции, что может быть связано с улучшением погодных условий и питания или с резким уменьшением численности хищников, врагов и т.п. После того, как численность популяции превысит эту новую, более высокую емкость системы, смертность в популяции резко увеличивается и размеры популяции значительно сокращаются.

Некоторые виды каждые три-четыре года или каждые десять лет, или в иные постоянные временные интервалы резко увеличивают число особей, что затем сопровождается таким же резким падением численности популяции. Данные виды относятся к популяциям с циклическим ростом их численности.



Тема 5. БИОТИЧЕСКИЕ СООБЩЕСТВА В СТРУКТУРЕ ЭКОСИСТЕМ

5.1. Учение о биоценозах

В процессе жизнедеятельности различные популяции, заселяющие общие места обитания, неизбежно вступают во взаимоотношения. Это связано с питанием, совместным использованием жизненного пространства и др. В результате формируются многовидовые сообщества – *биоценозы* (греч. *bios* – жизнь, *coenosis* – общий).

Биоценоз – это сочетание популяций растений, животных, микроорганизмов, взаимодействующих друг с другом в пределах данной среды обитания и образующих тем самым особую живую систему со своим собственным составом, структурой, взаимоотношениями со средой, развитием и функциями. Это определение принадлежит американскому экологу Р. Уиттекеру и считается наиболее полным.

Биоценоз представляет собой эволюционно сложившуюся форму организации живых организмов биосферы. Он является открытой системой и не занимает четко ограниченных областей. Зачастую различные биоценозы настолько переплетены, что определить их границы принципиально невозможно.

Каждому биоценозу соответствует зона с однородными абиотическими экологическими факторами, называемая *биотопом* (греч. *topos* – место). Иногда биотоп отождествляют с местообитанием. Но биотоп является более широким понятием – это абиотическая среда биоценоза. В биоценозе устойчивые взаимоотношения осуществляются только на уровне популяций, входящих в состав данного биоценоза. При этом имеют место следующие важные взаимоотношения:

1. *пространственные* – распределение в пространстве, конкуренция за местообитание и убежища;
2. *пищевые* – питание одних видов другими, конкуренция за источники питания и др.;
3. *средообразующие* – формирование определенной структуры биотопа, микроклимата и пр.

Стабильность данных взаимоотношений является результатом длительных взаимоадаптаций. Результатом таких взаимоотношений является возможность поддержания основной функции биоценозов – осуществление и стабильное поддержание биогенного круговорота веществ.

Литовский эколог Э. Лежявичус, рассматривая биоценоз как кибернетическую систему, отметил, что целостность биоценозов поддерживается сложившимися информационными связями. В каждом биоценозе постоянно функционируют два основных информационных канала. Один канал обеспечивает устойчивое существование и воспроизводство популяций конкретных видов. Второй канал обеспечивает связь между популяциями внутри биоценоза, связывая биоценоз в единое целое и координируя функции популяций. Этим обеспечивается выполнение функции биоценоза.

Учитывая такой подход, экологи определяют **биоценоз** как исторически сложившуюся совокупность всех популяций, принимающих существенное участие в функционировании данной экосистемы. Например, личинки комаров живут в водоемах и являются пищей для рыб, участвуя тем самым в жизнедеятельности данной экосистемы. Во взрослом состоянии эти популяции являются членами сухопутных биоценозов.

Поддержание структуры и функций биоценозов зависит от взаимодействий популяций и отдельных организмов, связанных в одну многомерную сеть. Уменьшение численности насекомоядных птиц из-за неумеренного использования ядохимикатов приводит к росту популяций насекомых и червей, поедаящих листву и древесину деревьев. В результате гибнут целые участки леса.

Живая природа представлена огромным количеством чрезвычайно разнообразных организмов, однако все они могут быть систематизированы, прежде всего, по способу получения и использования энергии, что и определяет их роль и место в биосфере. По этому признаку все живые организмы могут быть либо *продуцентами* (*производителями*), либо *консументами* (*потребителями*), либо *редуцентами* (*разрушителями*).

Продуценты (производители) – *автотрофные организмы, способные производить (синтезировать) сложные органические вещества из простых неорганических соединений*. Существует два вида таких организмов; *фотосинтезирующие и хемосинтезирующие*. Фотосинтезирующие организмы синтезируют органические соединения из CO_2 , H_2O и минеральных веществ, используя при этом солнечную энергию. К таким организмам относятся зеленые растения, водоросли и некоторые бактерии.

Хемосинтезирующие организмы осуществляют синтез органических соединений за счет энергии, получаемой при окислении аммиака, сероводорода, железа и т.д. Хемосинтезирование имеет место в подземных условиях, в глубоководных зонах Мирового океана. По сравнению с фотосинтезом хемосинтез играет незначительную роль в первичном производстве органических веществ, хотя роль этого процесса в круговороте химических элементов в биосфере весьма значительна.

Общее количество биомассы органического вещества, синтезированного продуцентами, является *валовой продукцией*. Часть синтезированной биомассы в процессе жизнедеятельности растений расходуется на собственные нужды. Оставшаяся часть называется *чистой продукцией*, которая служит источником питания для организмов следующего трофического уровня (греч. *trophe* -пища, питание) – консументов.

Консументы – гетеротрофные организмы, питающиеся готовым органическим веществом (животные, значительная часть микроорганизмов, насекомоядные растения). Консументы образуют несколько трофических уровней (не более 3-4).

Консументы I порядка – организмы, являющиеся непосредственными потребителями первичной органической продукции. В общем случае это растительноядные животные (фитофаги). Часть пищи они используют для обеспечения процессов жизнедеятельности. Оставшаяся пища трансформируется в новые органические вещества, называемые *вторичной продукцией*.

Консументы II порядка – это животные с плотоядным типом питания (зоофаги). Как правило, к этой группе относят всех хищников независимо от того, является ли жертва фитофагом или зоофагом. Зоофаги характеризуются специфическими приспособлениями для питания. У многих зоофагов ротовой аппарат приспособлен к схватыванию и удержанию пищи, а иногда – к разрушению защитного покрова. В некоторых случаях способ добывания пищи крайне необычен. Например, хищные моллюски разрушают раковины жертв с помощью минеральных кислот, вырабатываемых специальными железами.

Консументы III порядка – это животные паразиты и сверхпаразиты (И.А. Шилов, 2000). В самом общем случае паразитизм отличается от хищничества тем, что паразит не убивает свою жертву (хозяина), а длительное время питается за его счет и проживает в нем или на нем. Например, рыбы-прилипалы, присасываясь к акуле, перемещаются вместе с ней в пространстве

и питаются остатками ее пищи. К сверхпаразитам относятся те организмы, хозяева которых сами ведут паразитический образ жизни.

Редуценты (лат. *reducentis* – возвращающий, восстанавливающий), или *деструкторы* – организмы, разлагающие мертвое органическое вещество и превращающие его в неорганические вещества (CO_2 , H_2O и др. минералы). К редуцентам относятся бактерии, грибы, простейшие, т.е. находящиеся в почве гетеротрофные микроорганизмы. Упомянутые неорганические вещества могут снова вовлекаться растениями в круговорот веществ, тем самым, замыкая его.

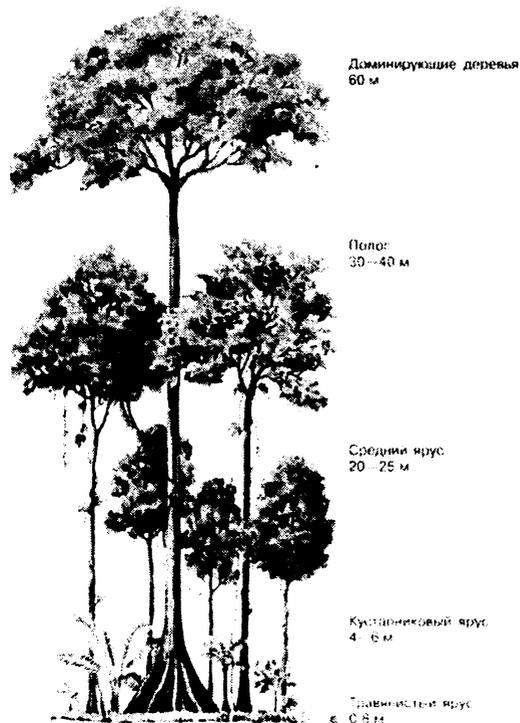


Рисунок 5.1 – Ярусность биоценоза

5.2. Пространственная структура биоценоза (ярусность и мозаичность)

Пространственная структура биоценоза включает его вертикальную и горизонтальную структуры. Вертикальная структура биоценоза (рисунок 5.1) образована отдельными его элементами, особыми слоями, которые называются ярусами. *Ярус* – совместно произрастающие группы видов растений, различающиеся по высоте и по положению в биоценозе ассимилирующих органов (листья, стебли, подземные органы – клубни, корневища, луковицы и т.п.). Как правило, разные ярусы образованы разными жизненными формами. Наиболее четко ярусность выражена в лесных биоценозах: ельниках, сосняках, дубравах, березняках.

Расчлененность в горизонтальном направлении – *мозаичность* – свойственна практически всем фитоценозам, поэтому в их пределах выделяют структурные единицы, которые получили разные названия: *микрोगруппировки, микроценозы, микрофитоценозы, парцеллы* и т.п. Эти микрोगруппировки различаются видовым составом, количественным соотношением разных видов, сомкнутостью, продуктивностью и другими свойствами.

Мозаичность обусловлена рядом причин: неоднородностью микрорельефа, почв, средообразующим влиянием растений и их биологическими особенностями. Она может возникнуть в результате деятельности животных (образование выбросов почвы и их последующее зарастание, образование муравейников, вытаптывание и стравливание травостоя копытными и др.) или человека (выборочная рубка, кострища и др.), вследствие вывалов древостоя во время ураганов и т.д.

5.3. Трофическая структура биоценоза

По способу питания живые организмы подразделяются на *автотрофные* и *гетеротрофные*.

Автотрофные организмы – это организмы, способные синтезировать все необходимые им органические вещества из неорганических, используя в качестве источника энергии свет или некоторые неорганические соединения. Автотрофные организмы в зависимости от вида используемой энергии подразделяются на фото- и хемотрофные.

Основные автотрофы на Земле – это зеленые растения (*фототрофы, или автотрофы*). Они являются основным источником свободного кислорода в атмосфере, и они же создают и наибольшее количество органического вещества, т.е. являются истинными продуцентами.

Хемотрофные организмы – это организмы, которые образуют органическое вещество за счет химической энергии ряда неорганических соединений. К этой группе организмов относятся бактерии, микроорганизмы и некоторые простейшие. По своей природе это наиболее древние организмы.

Гетеротрофные организмы – это организмы, которые в качестве источника энергии для жизнедеятельности используют разные органические или неорганические соединения. К ним относятся все высшие животные, в том числе и человек. По способу производства и накопления энергии и органического вещества они могут быть консументами или редуцентами.

В процессе питания энергия и вещество, содержащиеся в организмах одного трофического уровня, потребляются организмами другого уровня. Такой перенос энергии и вещества (рисунок 5.2) от продуцентов через ряд гетеротрофных организмов в процессе питания называется **пищевой цепью**.

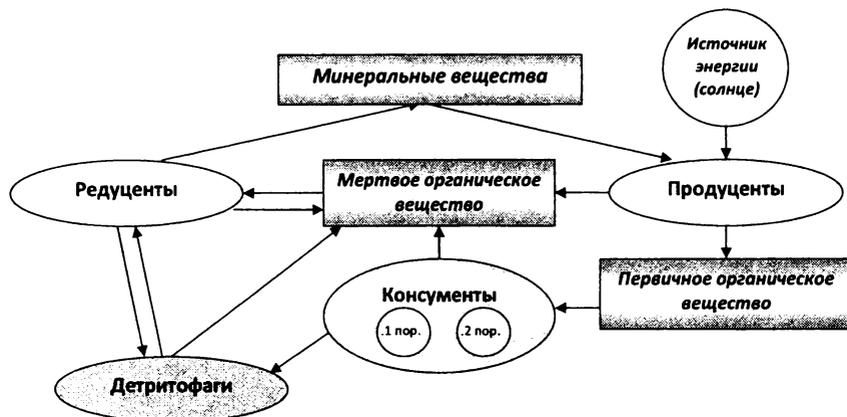


Рисунок 5.2 – Упрощенная схема переноса энергии и веществ

Деление биоценоза на трофические уровни представляет собой довольно упрощенную схему. В действительности взаимоотношения более сложные. Существует много видов со смешанным питанием. Они одновременно относятся к различным трофическим уровням. Видовое разнообразие биоценозов – явление не случайное. Благодаря этому имеет место более полное использование ресурсов на каждом трофическом уровне, чем обеспечивается надежность и полнота биогенного круговорота веществ. В природе организмы, питающиеся одним видом пищи (*монофаги*), встречаются крайне редко. Немногочисленны и *олигофаги*, набор питания которых представлен небольшим набором видов.

Большинство консументов (полифаги) использует в пищу широкий набор кормовых объектов. В результате формируются **пищевые сети**, содержащие множество цепей питания. Этим обеспечивается непрерывность круговорота веществ, т.к. всегда возможны нарушения отдельных пищевых цепей.

В таблице 5.1 представлены трофические уровни экологических систем.

Таблица 5.1 – Трофические уровни экосистем в биосфере

Организмы и трофические уровни				
I	II	III	IV-V	VI
Автотрофные организмы – <i>продуценты</i>	Гетеротрофные организмы – <i>консументы</i>			
Зеленые растения	<i>Консументы I-го порядка</i>	<i>Консументы II-го и последующих порядков: плотоядные животные-зоофаги</i>		<i>Деструкторы, или редуценты</i>
	Растениеядные животные (фитофаги)	Паразиты и хищники животных	Сверх-паразиты и хищники животных	Бактерии, грибы, животные: копрофаги, некрофаги, сапрофаги и др.

Таким образом, *трофический уровень* – это совокупность организмов, занимающих определенное положение в общей цепи питания.

К одному трофическому уровню принадлежат организмы, получающие свою энергию от Солнца через одинаковое число ступеней.

5.4. Экологические пирамиды

Переход вещества и энергии с одного трофического уровня на другой связан с потерями. На каждом трофическом уровне большая часть поглощаемой энергии используется на поддержание температурного баланса организма и на обеспечение протекания биохимических реакций в самом организме. Следующему организму в пищевой цепи будет передано примерно 10% энергии, полученной от предыдущего. Аналогичные явления имеют место и при преобразовании биомассы.

Эта закономерность сформулирована американским зоологом Ч. Элтоном в 1927 г. и изображена графически в виде *экологических пирамид*. Основанием пирамиды служит первый трофический уровень – уровень продуцентов, а следующие этажи пирамиды образованы последующими уровнями – консументами различных порядков. Высота всех блоков одинакова, а длина пропорциональна числу, биомассе или энергии на соответствующем уровне.

Различают три типа экологических пирамид: *пирамида чисел, пирамида биомасс* и *пирамида энергии*.

1. *Пирамида чисел* отражает численность организмов на каждом трофическом уровне. В экологии эта пирамида используется редко из-за сложности, а порой и невозможности выбора масштаба. Например, чтобы прокормить одного волка, необходимо, по крайней мере, несколько зайцев, на которых он мог бы охотиться; чтобы прокормить этих зайцев, нужно довольно большое количество разнообразных растений. Иногда пирамиды чисел могут быть обращенными, или перевернутыми. Это касается пищевых цепей леса, когда продуцентами

служат деревья, а первичными консументами – насекомые. В этом случае уровень первичных консументов численно богаче уровня продуцентов (на одном дереве кормится большое количество насекомых).

2. **Пирамида биомасс** – это графическая модель последовательного расположения биомасс популяций естественных экологических систем на каждом трофическом уровне (продуценты, консументы I порядка и т.д.) (рисунок 5.3). Обычно в наземных биоценозах общая масса продуцентов больше, чем каждого последующего звена. В свою очередь, общая масса консументов I порядка больше, нежели консументов II порядка и т.д. Если организмы не слишком различаются по размерам, то на графике обычно получается ступенчатая пирамида с суживающейся верхушкой. Так, для образования 1 кг говядины необходимо 70-90 кг свежей травы.

В водных экосистемах также можно получить обращенную, или перевернутую, пирамиду биомасс, когда биомасса продуцентов оказывается меньшей, нежели консументов, а иногда и редуцентов. Например, в океане при довольно высокой продуктивности фитопланктона общая масса его в данный момент может быть меньше, нежели у потребителей-консументов (киты, крупные рыбы, моллюски).



Рисунок 5.3 – Экологическая пирамида биомассы

Пирамиды чисел и биомасс отражают *статику* системы, т.е. характеризуют количество или биомассу организмов в определенный промежуток времени. Они не дают полной информации о трофической структуре экосистемы, хотя позволяют решать ряд практических задач, особенно связанных с сохранением устойчивости экосистем. Пирамида чисел позволяет, например, рассчитывать допустимую величину улова рыбы или отстрела животных в охотничий период без последствий для нормального их воспроизведения.

3. **Пирамида энергий** численно характеризует энергетические процессы в пищевых цепях. Она отражает величину потока энергии, скорость прохождения массы пищи через пищевую цепь и позволяет подсчитать КПД каждого перехода потока энергии с одного трофического уровня на другой и КПД всей трофической цепи в целом. На структуру биоценоза в большей степени оказывает влияние не количество фиксированной энергии, а скорость продуцирования пищи.

Установлено, что максимальная величина энергии, передающейся на следующий трофический уровень, может в некоторых случаях составлять 30% от предыдущего, и это в лучшем случае. Во многих биоценозах, пищевых цепях величина передаваемой энергии может составлять всего лишь 1%.

В 1942 г. американский эколог Р. Линдеман сформулировал *закон пирамиды энергий (закон 10-ти процентов)*, согласно которому, с одного трофического уровня через пищевые цепи на другой трофический уровень переходит в среднем около 10% поступившей на предыдущий уровень экологической пирамиды энергии. Остальная часть энергии теряется в виде теплового излучения, на движение и т.д. Организмы в результате процессов обмена теряют в каждом звене пищевой цепи около 90% всей энергии, которая расходуется на поддержание их жизнедеятельности.

Если заяц съел 10 кг растительной массы, то его собственная масса может увеличиться на 1 кг. Лисица или волк, поедая 1 кг зайчатины, увеличивают свою массу уже только на 100 г. У древесных растений эта доля много ниже из-за того, что древесина плохо усваивается организмами. Для трав и морских водорослей эта величина значительно больше, поскольку у них отсутствуют трудноусвояемые ткани. Однако общая закономерность процесса передачи энергии остается: через верхние трофические уровни ее проходит значительно меньше, чем через нижние.

Вот почему цепи питания обычно не могут иметь более 3-5 (редко 6) звеньев, а экологические пирамиды не могут состоять из большого количества этажей. К конечному звену пищевой цепи, так же, как и к верхнему этажу экологической пирамиды, будет поступать так мало энергии, что ее не хватит в случае увеличения числа организмов.

Этому утверждению можно найти объяснение, проследив, куда тратится энергия потребленной пищи C . Часть ее идет на построение новых клеток, т.е. на прирост P . Часть энергии пищи расходуется на обеспечение энергетического обмена, или на дыхание R . Поскольку усвояемость пищи не может быть полной, т.е. 100 %, то часть неусвоенной пищи в виде экскрементов удаляется из организма F . Балансовое равенство будет выглядеть следующим образом:

$$C = P + R + F.$$

Учитывая, что энергия, затраченная на дыхание, не передается на следующий трофический уровень и уходит из экосистемы, становится ясным, почему каждый последующий уровень всегда будет меньше предыдущего.

Именно поэтому большие хищные животные всегда редки. Поэтому также нет хищников, которые питались бы, например, только волками. В таком случае они просто не прокормились бы, поскольку волки немногочисленны.

5.5. Экологическая система как основная единица функционирования живой природы

Организмы, популяции, биоценозы не могут существовать без неорганической среды – *биотона*. Для живых организмов это не только местообитание, но в той или иной мере «сырьевая база». Таким образом, живая и неживая природа образуют единое целое. Это понимали ученые уже в глубочайшей древности. С развитием экологии как науки встала необходимость в ее элементарной функциональной единице. Такая единица была предложена английским ботаником А. Тенсли в 1935г. и получила название «*экосистема*» (*экологическая система*).

Экосистемы являются элементарными составными частями биосферы. Тенсли считал, что экосистемы представляют собой основные природные единицы на поверхности Земли. Это комплекс живых организмов в сочетании с неживой природой и присущими ей экологическими факторами.

В современном понимании *экосистема* – это совокупность совместно проживающих популяций и неживой среды их обитания, взаимодействующих со средой таким образом, что поток энергии создает четко определенную трофическую структуру, видовое разнообразие и круговорот веществ внутри этой системы.

Экосистема – это пространственно определенная совокупность живых организмов и среды их обитания, объединенных вещественно-энергетическими и информационными взаимосвязями. Экосистема – понятие достаточно широкое, оно не только связано с ограниченным участком земной поверхности, но и применимо ко всем стабильным системам живых и неживых компонентов, где происходит внешний и внутренний круговорот веществ и энергии. Так, к экосистемам можно отнести каплю воды с микроорганизмами, аквариум, озеро и океан.

Масштабы экосистем различны. Выделяют *микроекосистемы* (например, покрытый мхом камень, болотная кочка, придорожная лужа), *мезоекосистемы* (озеро, болото, песчаная дюна, лесная поляна, луг), *макроекосистемы* (континент, океан, коралловый риф). Следовательно, существует своеобразная иерархия микро-, мезо- и макросистем разных порядков.

Различают водные и наземные экосистемы. Все они образуют на поверхности планеты густую сеть. При этом в одной природной зоне встречается множество похожих экосистем, которые могут быть слиты в однородные комплексы или разделены другими экосистемами. Например, участки лиственного леса, прорезанные хвойными лесами, или болота среди лесов.

Наземные экосистемы имеют следующую иерархию: биосфера – экосистема суши – климатический пояс – биоклиматическая область – природная ландшафтная зона – природный (ландшафтный) округ – природный (ландшафтный) район – природный (ландшафтный) подрайон – биогеоэкологический комплекс – экотоп.

Биосфера является экосистемой высшего ранга.

Экосистемы, измененные сельскохозяйственной деятельностью человека, называются *агроекосистемами* (поля, сады, огороды, виноградники, лесозащитные придорожные полосы и т. д.). Их основой являются культурные фито-

ценозы – многолетние и однолетние травы, зерновые, овощные и другие сельскохозяйственные растения. Такие экосистемы получают дополнительно энергию извне в виде сельскохозяйственных удобрений, пестицидов, гербицидов, поливных вод и обработок земли и прочих воздействий, что существенно преобразует почвы, изменяет видовой состав и структуру флоры и фауны.

Трансформированные за счет человеческой деятельности агроэкосистемы менее устойчивы, чем естественные, так как они в большей степени зависят от дополнительного поступления вещества и энергии в виде элементов хозяйственной деятельности. Поэтому дополнительное влияние вещества и энергии создаваемым агроэкосистемам должно в обязательном порядке базироваться на естественных нормах соотношения пашни, лугов, леса и вод в соответствии с почвенно-климатическими и хозяйственными условиями, а также на законах, правилах и принципах общей и прикладной экологии.

Экосистемы природного происхождения получили название *биогеоценозов*.

Академиком В.Н. Сукачевым (1942) создано *учение о биогеоценозе* как единстве биоценоза и его биотопа. По определению В.Н. Сукачева: *«Биогеоценоз – это совокупность на известном протяжении земной поверхности однородных природных явлений (атмосферы, горной породы, растительности, животного мира и мира микроорганизмов, почвы и гидрологических условий), имеющая свою особую специфику взаимодействия этих слагающих ее компонентов и определенный тип обмена веществами и энергией между собой и другими явлениями природы и представляющая собой внутреннее противоречивое единство, находящееся в постоянном движении, развитии»*.

По мнению российского биолога академика И.А. Шилова, сущность понятий «экосистема» и «биогеоценоз» практически одна и та же, т.к. они в первую очередь характеризуют надвидовой уровень организации биологических систем. Такого же мнения придерживается и Ю. Одум.

Между тем сам автор учения о биогеоценозе считал, что между упомянутыми понятиями есть сходство, но они не идентичны. По мнению Сукачева, понятие «биогеоценоз» носит физико-географические черты, а «экосистема» рассматривается в основном с трофических позиций. При таком подходе экосистема и биогеоценоз совпадают на уровне растительного сообщества, на других трофических уровнях эти понятия расходятся. Тогда в целом биогеоценоз является частным по отношению к экосистеме.

По мнению Ю. Одума, не любая комбинация «жизнь – среда» является экосистемой. Экосистемой могут считаться те объединения, которые характеризуются стабильностью и обладают четко функционирующим круговоротом веществ. С этим трудно не согласиться, как и трудно согласиться с тем, что горшок с цветком является экосистемой.

Причиной такого разброса мнений, видимо, является то, что экология довольно молодая наука и многие понятия и термины еще не стали каноническими. Следует отметить, что существуют и другие синонимы экосистемы: микрокосм (Fords, 1887), голоцен (Friederichs, 1931), биохора (Palman, 1931), биосистема (Thienemann, 1941), экотон (Troll, 1950), сайт (Hils, 1968) и др. Эти синонимы практически не используются, а многие уже забыты.

С точки зрения термодинамики все экосистемы являются разомкнутыми (открытыми) термодинамическими системами, т.к. по отношению к любой экосистеме имеет место приток и отток энергии. Экспериментально подтверждено, что процессы в экосистемах подчиняются первому (закон сохранения энергии) и второму (процессы направлены в сторону уменьшения свободной энергии) законам термодинамики. Кроме того, в экосистеме имеет место обмен веществом.

Из-за невозможности определения количества экосистем в биосфере, т.к. отсутствуют их четкие границы, экологи изучают в основном крупные экосистемы – *биомы*. «Биом – термин, обозначающий крупную региональную или субконтинентальную биосистему, характеризующуюся каким-либо основным типом растительности или другой характерной особенностью ландшафта, например биом лиственных лесов умеренного пояса», – писал Ю. Одум.

Биом – это природная зона или область с определенными климатическими условиями, видами растений и животных, составляющими географическое единство (В. В. Маврищев, 2000).

Определяющим фактором при выделении биомов является особенность растительности географического региона. Известно, что биомассу живого вещества биосферы в основном составляют растения ($\approx 99\%$), причем тропический лес в биомассу растений вносит почти половину, хотя занимает всего около 7% площади поверхности суши. Вместе с тем пустыни и тундра занимают почти 25% упомянутой площади, но их растительная биомасса менее 1%.

5.5.1. Концепция экосистемы

Живые организмы и их неживое (абиотическое) окружение неразделимо связаны друг с другом и находятся в постоянном взаимодействии. Любая биосистема, включающая все совместно функционирующие организмы (биотическое сообщество) на данном участке и взаимодействующая с физической средой таким образом, что поток энергии создает четко определенные биотические структуры и круговорот веществ между живой и неживой частями, представляет собой экологическую систему или экосистему.

Долговременное функционирование экосистемы обеспечивают три основных компонента – сообщество, поток энергии и круговорот веществ.

Поток энергии направлен в одну сторону; часть поступающей солнечной энергии преобразуется сообществом и переходит на качественно более высокую ступень, трансформируясь в органическое вещество, представляющее собой более концентрированную форму энергии, чем солнечный свет, но большая часть энергии деградирует, проходит через систему и покидает ее в виде низкокачественной тепловой энергии (тепловой сток). Энергия может накапливаться, затем снова высвобождаться или экспортироваться, но ее нельзя использовать вторично.

В отличие от энергии элементы питания, в том числе биогенные элементы, необходимые для жизни (углерод, азот, фосфор и т. д.), и вода не только могут, но и должны использоваться многократно.

Все экосистемы, даже самая крупная – биосфера, являются открытыми системами: они должны получать и отдавать энергию. Разумеется, экосистемы, входящие в биосферу, также в разной степени открыты для потоков веществ, для иммиграции и эмиграции организмов. Поэтому концепция экосистемы должна учитывать существование связанных между собой и необходимых для функционирования и самоподдержания экосистемы среды на входе и среды на выходе: в концептуально законченную экосистему входит среда на входе, среда на выходе и система.

5.6. Динамика и стабильность экосистем

В естественных экосистемах постоянно происходят изменения состояния популяции организмов. Они вызываются разными причинами: погодные условия, различные сочетания факторов среды и пр. Однако все эти колебания, как правило, более или менее регулярны и не выходят за границы устойчивости экосистемы – ее обычного размера, видового состава, биомассы, продуктивности, соответствующей конкретным географическим и климатическим условиям местности. Такое состояние экосистемы называется *климаксным*.

Стремясь к равновесию, экосистемы способны к изменениям, развитию, переходу от более простых к более сложным формам. Существенные изменения географической обстановки или ландшафта, например, под влиянием природных катастроф или хозяйственной деятельности человека, приводят к определенным изменениям состояния биогеоценозов местности и к постепенной замене одних сообществ другими. Такие изменения называются *экологической сукцессией*. Сукцессии могут быть *первичными* или *вторичными*.

Первичная сукцессия – это постепенное заселение организмами появившейся девственной суши, оголенной материнской породы. В этих случаях решающую роль играет процесс почвообразования. Начальное выветривание высвобождает некоторое количество биогенных веществ, на которых поселяются бактерии, лишайники, мхи, а затем уже и одноярусная пионерская растительность. Ее появление, а с нею и многих мелких животных организмов, значительно ускоряет образование почвы и постепенное заселение территории все более сложными растительными сообществами, в которые вписаны и животные. Так система постепенно проходит все стадии развития до климаксного состояния.

Вторичная сукцессия имеет характер *постепенного восстановления свойственного данной местности сообщества после произошедших климатических или иных нарушений (буря, пожар, вырубка леса, наводнение и др.)*. Возникшая в результате вторичной сукцессии экосистема может в значительной степени отличаться от ранее существовавшей, а может в основных чертах повторить ее. Это зависит от масштабов повреждения среды.

Кроме сукцессий, в развитии экосистем могут происходить и другие события: изменение соотношения между автотрофными и гетеротрофными организмами, постепенное увеличение биологического разнообразия и т.д. Наибольшие изменения в эволюцию экосистем приносит человеческая деятельность.

Равновесие в экосистемах поддерживается *гомеостазом*. *Гомеостаз* – это состояние подвижно-стабильного равновесия экосистемы (гомео – тот же, стазис – состояние).

Рассмотрим простейшую экосистему: «заяц–рысь», состоящую из двух трофических уровней (рисунок 5.4).

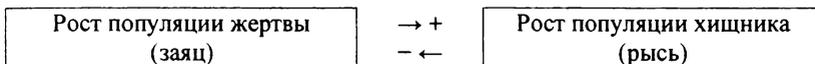


Рисунок 5.4 – Простейшая экосистема

Когда численность зайцев невелика, каждый из них может найти достаточно пищи и удобных укрытий для себя и своих детенышей. Т.е. сопротивление среды невысоко, и численность зайцев увеличивается, несмотря на присутствие хищника. Изобилие зайцев облегчает рыси охоту и выкармливание детенышей. В результате численность хищника также возрастает. В этом проявляется *обратная положительная связь*. Однако с ростом численности зайцев уменьшается количество корма, убежищ и усиливается хищничество, т.е. усиливается сопротивление среды. В результате численность зайцев снижается. Охотиться хищникам становится труднее, они испытывают нехватку пищи, и их численность падает. В этом проявляется *обратная отрицательная связь*, которая компенсирует отклонения и возвращает экосистему в исходное состояние.

Подобные колебания происходят периодически вокруг некоего среднего уровня.

При некоторых условиях обратная связь может быть нарушена. Например, на зайцев стал охотиться другой хищник, или среди зайцев возникла инфекционная болезнь. При этом происходит нарушение сбалансированности системы, которое может быть обратимым или необратимым. Роль помех могут играть и абиотические факторы. Засуха снижает продуктивность растений и ограничивает пищу для зайцев, что немедленно отразится на хищнике.

При появлении помех в системе «заяц–рысь» станет меньше и зайцев, и рысей. Стабильность системы в целом не нарушается, но объем трофических уровней изменится. При этом новый уровень стабильности опять будет обеспечиваться механизмами обратной связи.

Понятно, что давление помех не может быть беспредельным. При массовой гибели зайцев экосистема за счет обратной отрицательной связи не может компенсировать отклонения. Тогда данная система прекратит свое существование.

Та область, в пределах которой механизмы отрицательной обратной связи способны сохранить устойчивость системы, хотя и в измененном виде, называют гомеостатическим плато.

Экосистемы тем стабильнее во времени и пространстве, чем они сложнее, т.е. чем больше видов организмов и пищевых связей.

5.7. Энергетические процессы в экосистемах

Понятие «энергия» означает способность совершать работу. Впервые наиболее полное понятие энергии было проработано в термодинамике, что вылилось в формулировку двух наиболее основополагающих законов, описывающих свойства энергии.

Более 100 лет назад установлен *первый закон термодинамики* или *закон сохранения энергии* – один из фундаментальных законов физики, который нашел свое подтверждение в различных областях – от механики Ньютона до ядерной физики.

Согласно этому закону энергия не может быть уничтожена или получена из ничего, она может лишь переходить из одной формы в другую, т.е. она никогда не исчезает и не создается заново.

Частным случаем этого закона является *первое начало термодинамики*, которое устанавливает взаимную превращаемость всех видов энергии: теплота Q , сообщенная неизолированной системе (например, пару в тепловой машине), расходуется на увеличение ее внутренней энергии AU и совершение ею работы A против внешних сил:

$$Q = AU + A.$$

Второе начало термодинамики, или *закон возрастания энтропии* – все реальные процессы превращения энергии сопровождаются ростом энтропии, т.е. переходом энергии в более рассеянное состояние.

Все процессы в природе подчиняются действию этих законов термодинамики и непосредственно связаны с количеством и качеством используемой энергии.

Энтропия – это величина, характеризующая направление естественных процессов теплопередачи и, как выяснилось, вообще любых процессов преобразования энергии.

Энтропию называют тенью энергии. В более широком смысле под энтропией понимают меру качества, т.е. меру концентрации и упорядочения энергии. Так, тепловая энергия с большей температурой обладает меньшей энтропией $S=Q/T$, т.е. большим качеством, чем такое же количество теплоты при меньшей температуре. Поэтому по мере понижения температуры рабочего тела, например пара, до температуры окружающей среды можно попутно превратить часть тепловой энергии в механическую работу (тепловая машина). Чем больше качество энергии, т.е. чем больше превышение температуры пара над температурой окружающей среды, тем большее количество работы можно получить.

Разные виды энергии обладают разным качеством. Так, например, упорядоченное движение частиц твердого тела (механическое движение) обладает большим качеством, чем хаотичное движение этих же частиц с той же средней скоростью (тепловое движение). Поэтому любое механическое движение при наличии трения сопровождается самопроизвольным превращением части механической энергии в тепловую. Иногда используют такие формулировки второго закона термодинамики: невозможно создать машину с КПД = 1; все естественные процессы идут в направлении ухудшения качества (деградации) энергии.

Когда мы говорим об энергии, особенно в контексте, связанном с энергетическим кризисом, следует помнить, что энергии на Земле вполне достаточно. Теплоход, идущий по океану, идет по морю энергии. Тем не менее, он вынужден везти с собой запас угля, потому что энергия, запасенная в океане, обладает низким качеством. Для полезного использования нужна именно высококачественная энергия, энтропия которой ниже энтропии энергии, рассеянной в окружающей среде. Энергию океана можно использовать только при наличии холодильника с более низкой температурой, чем температура океана.

Именно разность энтропий на входе и выходе энергетического потока порождает фактор, который мы обозначаем понятием силы, приводящей в движение все процессы в природе. По сути дела, любая сила имеет энтропийную природу.

Наличие упорядоченных структур типа кристаллических решеток, живых организмов и других способствует упорядочению движения частиц за счет уменьшения их степеней свободы. Принцип роста энтропии требует роста количества степеней свободы в каждом реальном процессе превращения энергии. Поэтому все упорядоченные структуры имеют тенденцию к разрушению. «Все разрушается, все умирает, все приходит в хаос» – это еще одна формулировка второго закона термодинамики.

Правда, помимо такого разрушения, есть еще один способ увеличения количества степеней свободы – усложнение структуры системы. Именно по этому пути движется глобальный эволюционный процесс. При этом природа никогда не стремится достичь полного хаоса на данном уровне системной иерархии. В этом случае эволюция Вселенной остановилась бы достаточно быстро. Обычно в пределах данного иерархического уровня открываются некоторые устойчивые структуры, из которых строятся более высокие иерархические уровни, характеризующиеся большими значениями максимально возможной энтропии, чем на предыдущем уровне. Это дает возможность непрерывному росту энтропии.

Так, обычно тенденция к возникновению хаоса реализуется в стремлении вещества к рассеянию (например, растворение сахара в воде). Но в случае сложных органических соединений больший хаос (рассеяние энергии) может быть достигнут именно при концентрации вещества. Например, капельки масла, рассеянные в воде, стремятся слиться в одну большую каплю, в связи с тем, что молекулы воды «окутывают» молекулы углеводорода масла своеобразной упорядоченной оболочкой. Поэтому, чем больше поверхность масла, тем более упорядоченными оказываются молекулы воды, чего природа допустить не может, и в хаосе движения капель они обязательно рано или поздно примут состояние с наименьшей поверхностью, т.е. сольются в одну большую каплю.

Именно это, вероятно, послужило в свое время началом одноклеточной жизни. Именно так в растворе белковых молекул формируются коацерватные капли, имеющие стабильную и иногда достаточно сложную структуру и поглощающие из раствора строго определенные вещества.

В биосистемах стремление к хаосу реализуется в еще более сложных механизмах. Клетка может увеличить площадь своей поверхности, например, приобрести форму эллипсоида, цилиндра (палочки) или нити, образовать корнепо-

добные выросты, ложноножки и т.п. Многоклеточные организмы решают подобную проблему аналогичным образом. У растений увеличивается поверхность листьев и корней. У животных в отличие от растений подобное увеличение поверхности осуществляется обычно внутри организма, чтобы не мешать движению. Достаточно вспомнить развитые поверхности кишечника, органов дыхания, кровеносной системы и т. п. Например, общая поверхность всех эритроцитов взрослого человека составляет около $3\,000\text{ м}^2$, общая длина всех капилляров – около $100\,000\text{ км}$ и т. д.

Нечто аналогичное происходит и в рамках таких сверхорганизмов, как экосистемы. Здесь дифференциация достигается увеличением экологических ниш и разнообразия видов, населяющих данную экосистему, удлинением и усложнением пищевых цепей, совершенствованием внутривидовых и межвидовых отношений и т. п. Все это есть следствие принципа роста энтропии.

Таким образом, разрушение структуры, требуемое принципом роста энтропии, является необходимым компонентом жизненного процесса. Но жизнь научилась использовать разрушение во благо, поэтому разрушение не обязательно сопровождается гибелью биосистем. «Умеренное разрушение», на которое накладываются определенные запрограммированные ранее ограничения, приводит к расширению и усложнению жизни. Наиболее характерно в этом отношении деление клетки. Здесь смерть и рождение слились в одном процессе.

Если движение вещества зачастую организуется в глобальный круговорот, захватывающий многие экосистемы биосферы, то движение энергии удобно рассматривать на примере какой-то одной экосистемы. Достаточно крупные экосистемы, такие, как биогеоценозы, имеют все промежуточные уровни, которые проходит энергия при движении ее от состояния солнечного света до состояния теплоты, которая сначала утилизируется в буферных зонах биосферы (атмосфера, гидросфера, литосфера), а затем излучается в космическое пространство (в инфракрасной части электромагнитного спектра).

Вывод энтропии из организма есть неременное условие его существования. Все процессы жизнедеятельности сопровождаются ростом внутренней энтропии организма $\Delta S > 0$. Для того чтобы не погибнуть, клетка должна потребить из окружающей среды отрицательную энтропию (негэнтропию, информацию) $\Delta S < 0$, что равносильно выводу энтропии из организма. Для этого обычно используется энергия химических реакций. Нужно взять из окружающей среды необходимые компоненты (пища) и создать условия для протекания реакции, продуктами которой должны стать вещества, содержащие в своей структуре больше энтропии, чем исходные компоненты. Обычно в этих реакциях разрушаются структуры более сложных молекул, например молекул белка, жиров или углеводов. Затем эти продукты распада удаляются из организма. Себе же организм оставляет нечто, характеризующееся разницей энтропии исходных компонентов и энтропии продуктов реакции. Это нечто мы называем *свободной энергией*, которая по отношению к данному организму обладает отрицательной энтропией (негэнтропией), и за счет которой приводятся в движение внутренние упорядоченные процессы.

Например, глюкоза используется в организме, образуя диоксид углерода и воду. Это один из самых универсальных процессов, который лежит в основе дыхания и пищеварения. Диоксид углерода и вода удаляются из организма при дыхании, потовыделении, с экскрементами и т.п. Высвобожденная энергия претерпевает ряд превращений, обеспечивая тем самым протекание всех физиологических процессов, двигательных функций и т.п. Эту часть энергии рассматривают как траты на дыхание. Частично деградируя в каждом таком превращении, энергия постепенно полностью переходит в теплоту, которая после этого удаляется из организма в окружающую среду.

Однако не вся свободная энергия проходит через организм подобным путем. Часть энергии используется на организацию ряда эндотермических реакций, т.е. связывается в сложных молекулярных структурах. В первую очередь, это реакции синтеза необходимых белков, нуклеиновых кислот и т.п. В данном случае эта доля свободной энергии идет на упорядочение внутренней структуры организма. Эта энергия, накопленная в веществе организма, называется *продукцией*.

Массовое количество живого вещества в биосфере называют *биомассой*. *Скорость образования биомассы*, т.е. количество живого вещества в единицу времени, характеризуется ее *продуктивностью*.

Живое вещество планеты в основном сосредоточено в зеленых растениях суши. Это связано со способностью экосистем вырабатывать валовую (общую) первичную продукцию и их продуктивностью.

Как уже говорилось выше, *валовая первичная продукция* – это суммарное количество органического вещества и энергии, фиксируемое автотрофными организмами за определенный промежуток времени.

Продуктивность определяется скоростью образования органического вещества за принятую единицу времени. Общая первичная продуктивность биосферы оценивается в 61 млрд. т органического вещества в год.

Некоторая доля пищи не усваивается организмом, следовательно, из нее не высвобождается энергия. Эта энергия выводится из организма вместе с экскрементами и впоследствии высвобождается из них уже другими организмами.

Ввиду наличия в своей структуре сложных молекулярных соединений, данный организм может служить пищей для другого организма. При этом его структура подвергается механическому и химическому разрушению. Высвободившаяся при этом свободная энергия используется так же, как в вышеописанном случае. Так формируется *пищевая* или *трофическая цепь*, в которой происходит перенос энергии через ряд организмов путем поедания одних организмов другими.

Следует отметить, что с одного трофического уровня на другой передается не вся энергия данного уровня, а только та, которая накапливается в структуре организмов данного уровня. Основная часть энергии, усвоенной консументами с пищей, тратится на их жизнеобеспечение (дыхание). В сумме с неувоенной пищей (экскрементами) это составляет в среднем порядка 90% от потребленной энергии. Т.е. энергия, накопленная в структурах организмов, а значит, передаваемая на следующий трофический уровень, в среднем составляет

около 10% от энергии, потребленной с пищей. Как говорилось выше, эта закономерность называется *правилом десяти процентов*.

Особенно велики потери энергии при переходе от растений к травоядным животным. Поэтому с точки зрения роста народонаселения планеты энергетически наиболее выгодным является вегетарианство.

При нормальном питании взрослый человек потребляет 80-100 кг мяса в год. При таком рационе уже невозможно обеспечить равноправие для нынешних 6 млрд. людей планеты. При минимальном расходе мяса можно прокормить на планете только около 8 млрд. людей. Переход всех людей на вегетарианство может обеспечить пищей приблизительно 15 млрд. человек.

Эти цифры не зависят от успехов сельского хозяйства, а опираются только на данные энергетики экосистем. Принципиальное ограничение наложено самим Солнцем. Правда, мы можем привлечь в сельское хозяйство дополнительные *энергетические субсидии*, в первую очередь от сжигания топлива и ядерных реакций.

Агросистемы – это яркий пример дополнительно субсидируемых экосистем. Здесь дополнительная энергия поступает в виде мышечных усилий человека и животных, работы машин, использующих горючее, орошения, внесения удобрений, пестицидов и т. п. Еще в прошлом веке Мальтус предупреждал, что уже 2 млрд. людей Земля прокормить не в состоянии. Эта величина превышена только за счет энергетических субсидий в сельское хозяйство, что неумолимо приближает к себе другой аспект экологической катастрофы – тепловой, связанный с глобальным изменением климата.

Преодоление этого аспекта на современном уровне технического развития ограничено одним из фундаментальных законов природы: *принципом роста энтропии*.

Столь сложная система передачи энергии обусловлена несколькими причинами:

- во-первых, все консументы призваны вернуть вещество в круговорот. Без этого жизнь не смогла бы постоянно усложнять свои формы, т.е. рано или поздно исчерпался бы лимит возможности роста энтропии. В рамках всей Вселенной это противоречит самим принципам ее существования;
- во-вторых, чем сложнее трофическая сеть данной экосистемы, тем интенсивней круговорот вещества. Это облегчает поток энергии через экосистему;
- в-третьих, консументы, удовлетворяя свои потребности в энергии, регулируют всю деятельность экосистемы, т.е. являются основными звеньями механизмов гомеостаза экосистем. Причем реализуемые ими обратные связи могут быть не только отрицательными (выедание, т.е. уменьшение биомассы предыдущего уровня трофической цепи), но и положительными. Так, многие животные разными способами «ухаживают» за своими кормовыми растениями или как-то иначе способствуют их росту. Например, злаки, листья которых объедают кузнечики, быстрее восстанавливаются, чем злаки с обрезанными листьями.

При движении вдоль пастбищной пищевой цепи от одного уровня к другому вместе с уменьшением количества живого вещества на каждом уровне увеличивается качество энергии, запасенной в этом веществе.

Для того чтобы образовать 1 кДж биомассы хищника, требуется около 10 000 кДж энергии солнечного света, или 10 кДж биомассы травоядных животных (под биомассой понимают живое вещество, выраженное в сухой массе или энергетическом эквиваленте). Соответственно качество энергии, накопленной в биомассе хищников, в 10 раз выше, чем в биомассе травоядных. Это более высокое качество проявляется в управляющем воздействии, которое оказывают организмы данного трофического уровня на организмы предыдущего уровня. Хищники регулируют жизнь травоядных, в свою очередь травоядные регулируют фитоценоз.

Рассмотренный принцип характерен не только для биосистем, но является общим для всех процессов преобразования энергии. Для того чтобы получить энергию более высокого качества, требуется пройти цепь превращений энергии, аналогичную пищевой цепи экосистемы. С каждым звеном этой цепи качество энергии будет повышаться, но только за счет уменьшения того количества энергии, которое удалось сконцентрировать в данном преобразовании. Например, мы можем получить электроэнергию, сжигая уголь. Но на каждые 500 кДж энергии, выделившейся при сжигании угля, мы сможем получить только 125 кДж электроэнергии. Остальная энергия будет рассеяна как плата за увеличение качества отдельной порции энергии. Это прямое следствие *принципа Онзагера*: *можно добиться уменьшения энтропии (повышения качества энергии) в одном из процессов только за счет еще большего увеличения энтропии в других процессах, сопряженных с ним.*

На формирование 500 кДж, полученных при сжигании угля, затрачивается около 1 000 000 кДж солнечной энергии, т.е. солнечная энергия обладает сравнительно низким качеством. Для того чтобы солнечный свет выполнял ту же работу, которая производится сейчас углем или нефтью, нужно сконцентрировать его в 2 000 раз. Поэтому надежды человека на непосредственное использование солнечной энергии связаны со значительными затратами на создание соответствующих технических устройств.

Таким образом, с каждым шагом вдоль трофической цепи возрастает степень управляющего воздействия организмов на природу. Внешне это выражается в усложнении и совершенствовании структуры организмов по ходу трофической цепи. В некоторых случаях это можно наблюдать путем простого сравнения анатомии животных, например, птицы и гусеницы. Но если, например, сравнить анатомию волка и овцы, то особых различий, говорящих о более сложном и совершенном строении волка, найти непросто. Здесь определяющее значение имеют не столько особенности строения тела, сколько различия в сложности мозговых структур. Другими словами, по мере повышения качества энергии с каждым трофическим уровнем, это качество реализуется не только в усложняющейся с каждым шагом физиологии организмов, но и во все более усложняющемся поведении, во все более развитой психике, вплоть до возникновения сознания у человека.

Это еще раз подтверждает сложность самого понятия энергии, которая в данном случае поворачивается к нам достаточно непривычной стороной, а именно, как мера хранения информации, расходуемой в процессах управления. Поэтому, согласно современным представлениям, информация есть мера концентрации энергии, т.е. величина, обратная энтропии.

5.7.1. Энергетическая классификация экосистем

Источник и качество доступной энергии в той или иной степени определяют видовой состав и численность организмов, характер функциональных процессов, протекающих в экосистеме, и процессов ее развития, а также образ жизни человека. Энергия – общий знаменатель и исходная движущая сила всех экосистем, как сконструированных человеком, так и природных, следовательно, логично принять энергию за основу для первичной классификации экосистем. Удобно выделить на этой основе четыре фундаментальных типа экосистем:

- 1) *природные, движимые Солнцем, несубсидируемые;*
- 2) *природные, движимые Солнцем, субсидируемые другими естественными источниками энергии;*
- 3) *движимые Солнцем и субсидируемые человеком;*
- 4) *индустриально-городские, движимые топливом (ископаемым, другим органическим или ядерным).*

Энергетическая классификация основана на свойствах среды на входе, она коренным образом отличается от биомной классификации, основанной на внутренней структуре экосистем, но вместе с тем и дополняет ее.

Природные системы, в основном или полностью зависящие от прямого солнечного излучения, можно назвать движимыми Солнцем несубсидируемыми экосистемами. Они совсем или почти не получают дополнительной энергии, помимо солнечного света. К числу таких экосистем можно отнести открытие океаны, крупные участки горных лесов, грасленды и большие глубокие озера. Часто на них накладываются и другие ограничения, например, нехватка элементов питания и воды. Поэтому хотя экосистемы этой обширной группы весьма различны, все они получают мало энергии (от 1 000 до 10 000 ккал/м²·год) и имеют низкую продуктивность или способность выполнять работу. Организмы, живущие в таких системах, выработали замечательные адаптации к существованию на скудном пайке энергии и других ресурсов и к эффективному их использованию.

Хотя мощность природных экосистем, относящихся к первой категории, не очень впечатляет, и они не способны поддерживать высокую плотность населения, тем не менее, такие экосистемы крайне важны, так как занимают огромные площади (одни лишь океаны – до 70 % площади земного шара). Весь комплекс движимых Солнцем природных экосистем крайне важен для человека, это по сути дела основной «модуль жизнеобеспечения», гомеостат, стабилизирующий и поддерживающий условия на «космическом корабле», имя которому Земля; именно здесь ежедневно очищаются большие объемы воздуха, возвращается в оборот вода, формируются климатические условия, измеряются крайности погоды и выполняется множество других полезных функций.

Если помимо солнечного света могут быть использованы какие-то дополнительные источники энергии, плотность мощности может быть значительно повышена, порой даже на порядок величины (10 000-40 000 ккал/м²-год). В этом случае несолнечная энергия частично заменяет солнечную, сокращая расходы на самоподдержание системы, и высвобождает солнечную энергию на производство органических веществ. Источники дополнительной энергии могут быть как естественными, так и искусственными. Для простоты классификации выделены категории: движимые Солнцем экосистемы с естественными и с искусственными энергетическими субсидиями.

Вспомогательная энергия, увеличивающая продуктивность, может поступать в самых разнообразных формах, например, в тропическом дождевом лесу – в форме ветра и дождя, в небольшом озере – в форме потока воды из ручья, или поступающих с площади водосбора органических веществ и минеральных элементов. Прибрежная часть эстуария – хороший пример природной экосистемы с дополнительной энергией приливов, прибоя и течений. Поскольку приливы и течения воды способствуют более быстрому круговороту минеральных элементов питания и перемещению пищи и отходов, организмы в эстуарии могут, так сказать, сконцентрировать свои усилия на более эффективном превращении энергии Солнца в органическое вещество.

Человек также давно научился изменять природу и использовать вспомогательные источники энергии для получения прямой выгоды, а его умение не только увеличивать продуктивность, но и направлять эту продуктивность на производство пищевых и волокнистых материалов, легко собираемых, перерабатываемых и используемых, постоянно растет. Наземные и водные агроэкосистемы – основные примеры систем движимых Солнцем и субсидируемых человеком. Высокая продуктивность поддерживается большими поступлениями энергии топлива (а при более примитивных системах сельского хозяйства – мышечных усилий человека и животных). Эта энергия тратится на возделывание, орошение и удобрение, селекцию и борьбу с вредителями. Самое продуктивное сельское хозяйство находится примерно на уровне самых продуктивных природных экосистем: по-видимому, верхний предел для любой постоянной, длительно функционирующей системы, основанной на фотосинтезе, составляет примерно 50 000 ккал/м²-год. Действительное различие между природными и искусственными экосистемами состоит лишь в распределении этого потока энергии. Человек старается направить как можно больше энергии на производство продуктов питания, которые он может немедленно использовать, а природа обычно распределяет продукты фотосинтеза между многими видами и веществами и накапливает энергию «на черный день», это так называемая стратегия повышения разнообразия в целях выживания.

В экосистеме, движимой топливом, высококонцентрированная потенциальная энергия топлива не просто дополняет, а заменяет солнечную энергию. При современных методах ведения городского хозяйства солнечная энергия в самом городе не только не используется, но становится дорогостоящей помехой, так как она нагревает бетон и способствует образованию смога. Важное свойство экосистем, движимых горючим – огромная потребность в энергии

плотно населенных индустриально-городских районов, она по меньшей мере на 2-3 порядка больше того потока энергии, который поддерживает жизнь в естественных условиях. Килокалории энергии, ежегодно протекающие через квадратный метр индустриального города, исчисляются уже не тысячами, а миллионами (100 000-3 000 000 ккал/м²·год). Вот почему множество людей могут жить на небольшой территории.

Рассматривая общую концепцию энергетических субсидий, надо сделать еще одно замечание: фактор, который при одних условиях среды или при одном уровне поступлений увеличивает продуктивность, при других условиях среды или другом уровне поступлений может способствовать утечкам энергии, уменьшая продуктивность. Слишком много хорошего также вредит системе, как и слишком мало. Например, некоторые виды загрязнений (обработанные сточные воды) могут в зависимости от объема и периодичности сброса оказаться либо благоприятным фактором, либо источником стресса. Если обработанные сточные воды попадают в экосистему с постоянной умеренной скоростью, то они, доставляя в систему микроэлементы, могут способствовать повышению продуктивности, однако массовый их сброс через нерегулярные промежутки времени может почти полностью уничтожить систему как биологическую единицу.



6.1. Биосфера – глобальная экосистема Земли. Учение о биосфере В.И. Вернадского

Содержание понятия биосферы не всегда было однозначным. Первоначально биосферами называли гипотетические глобулы (видимо, под влиянием идей французских ученых XVIII в. П.Л. Мопертюи и, особенно, Ж.Л. Бюффона о бессмертных органических молекулах), якобы составляющие живую основу всех организмов. Такое понимание продержалось во Франции до середины XIX в.

Существенно иное представление о биосфере сформулировал в 1875 г. австрийский геолог Э. Зюсс. В монографии «Происхождение Альп» он говорит о «самостоятельной биосфере» как об особой оболочке Земли, образованной живыми организмами. В заключительной главе большого трехтомного труда «Лик Земли» (1909) этот автор пишет, что понятие «биосфера» возникло как следствие идей Ж. Ламарка и Ч. Дарвина о единстве органического мира.

Работы Зюсса положили начало биологическому представлению о биосфере как о совокупности организмов, населяющих Землю, как о живой оболочке планеты. Такого взгляда придерживались многие русские географы, например, Н.М. Сибирцев (1899), Д.Н. Анучин (1902), П.И. Броунов (1910), А.А. Григорьев (1948), английский исследователь и философ Дж. Бернал (1969) и др.

Представление Зюсса о биосфере, как об особой оболочке Земли, использовал В.И. Вернадский (1926), вложив в него, однако, существенно иное, биогеохимическое содержание.

Биосфера, по Вернадскому, – это область распространения жизни, включающая наряду с организмами и среду их обитания. Зачатки этого представления можно обнаружить уже в высказываниях ученых XVII и XVIII вв., в книге «Космос» А. Гумбольдта и в работах В.В. Докучаева.

Общее *учение о биосфере* создано в 20-30-х годах XX в. В.И. Вернадским, развившим идеи Докучаева о комплексном естественно-историческом анализе взаимодействующих в природе разнокачественных объектов и явлений (факторов почвообразования) и выявлении самостоятельных природных объектов гетерогенной структуры и состава (почвы, природные зоны).

В основе учения В.И. Вернадского лежат следующие представления:

- о планетарной геохимической роли живого вещества (совокупности всех живых организмов, существовавших или существующих в определенный отрезок времени, рассматриваемых как мощный геологический фактор). Живое вещество, в понимании Вернадского, как биогеохимический фактор количественно выражается в элементарном химическом составе, массе и энергии;
- об организованности биосферы, являющейся продуктом сложного превращения вещественно-энергетического и информационного потоков живым веществом за время геологической истории Земли.

Биосфера включает не только область жизни (*биогеосферу, фитогеосферу, витасферу*), но и другие структуры Земли, генетически связанные с живым веществом. По Вернадскому, *вещество биосферы* состоит из семи разнообразных, но геологически взаимосвязанных частей: *живое вещество; биогенное вещество; косное вещество; биокосное вещество; радиоактивное вещество; рассеянные атомы; вещество космического происхождения.*

В пределах биосферы везде встречается либо живое вещество, либо следы его биогеохимической деятельности. Атмосферные газы (кислород, азот, углекислый газ), природные воды, равно как и природное топливо (нефти, угли), известняки, глины и их метаморфические производные (сланцы, мраморы, граниты и др.), в своей основе созданы живым веществом планеты.

Слои земной коры, лишенные в настоящее время живого вещества, но переработанные им в геологическом прошлом, Вернадский относил к области «былых биосфер».

Биосфера мозаична по структуре и составу, в ней отражается геохимическая и геофизическая неоднородность лика Земли (океаны, озера, горы, ущелья, равнины и т. д.) и неравномерность в распределении живого вещества по планете, как в прошлые эпохи, так и в наше время. Максимальное содержание живого вещества гидросферы приурочено к мелководьям, минимальное – к глубинным акваториям (абиссаль); на суше эта неравномерность проявляется в мозаике биогеоценотического покрова (леса, болота, степи, пустыни и др.) с минимумом плотности живого вещества в высокогорьях, пустынях и полярных областях.

В учении о биосфере Вернадского выделяют следующие основные аспекты:

- *энергетический*, освещающий связь биосферно-планетарных явлений с космическими излучениями (в основном солнечными) и радиоактивными процессами в земных недрах;
- *биогеохимический*, отражающий роль живого вещества в распределении и поведении атомов (точнее, их изотопов) в биосфере и ее структурах;
- *информационный*, изучающий принципы организации и управления, осуществляемые в живой природе в связи с исследованием влияния живого вещества на структуру и состав биосферы;
- *пространственно-временной*, освещающий формирование и эволюцию различных структур биосферы в геологическом времени в связи с особенностями пространственно-временной организованности живого вещества в биосфере;
- *ноосферный*, изучающий глобальные эффекты воздействия человечества на структуру и химию биосферы в процессе хозяйственной и иной деятельности.

Выход человека в космос, за пределы биосферы, несомненно, будет стимулировать разработку новых сторон учения о биосфере.

Существенными моментами учения о биосфере являются представления о взаимосвязях (прямых и обратных связях) и сопряженной эволюции всех структур биосферы. Эти представления положены в основу разработки многими национальными и международными организациями, научными центрами и лабораториями проблемы «биосфера и человечество». Для решения этой про-

блемы проводятся такие мероприятия, как Международное гидрологическое десятилетие, Международная биологическая программа и другие, в которых участвуют многие страны.

Повышенный интерес к изучению биосферы вызван тем, что локальное воздействие человека на нее, характерное для всей предшествовавшей истории, сменилось в XX в. глобальным его влиянием на состав, структуру и ресурсы биосферы. На планете нет участка суши или моря без следов деятельности человека. Один из ярких примеров – глобальные выпадения радиоактивных осадков – продуктов ядерных взрывов. В атмосфере, океане и на суше повсеместно присутствуют (пусть в самых незначительных количествах) продукты сгорания нефти, угля, газов, отходы химической и другой индустрии, ядохимикаты и удобрения, сносимые с полей в процессе водной и ветровой эрозии. Интенсивное и нерациональное использование ресурсов биосферы – водных, газовых, биологических и других, усугубляемое гонкой вооружений и испытаниями ядерного оружия, и развеяло миф о бесконечности и неисчерпаемости этих ресурсов.

Многочисленные примеры разрушительной деятельности человека и, к сожалению, редкие примеры его созидательной деятельности (в том числе и в плане охраны природы) свидетельствуют об актуальности разумного ведения земных дел разумным человечеством, что возможно только при переходе от стихийного производства к принципам устойчивого развития человеческой цивилизации.

Одним из поразительных свойств биосферы является ее высочайшая устойчивость. Рассмотрим несколько примеров. Более 60 лет назад отгремела Вторая мировая война – самая страшная и разрушительная за всю историю человечества. Но уже трудно обнаружить следы былых боев. Заросли траншеи и блиндажи, в огромных воронках от бомб растут камыши – там кипит жизнь. Возьмем другой пример. Если современную автомобильную дорогу прекратить эксплуатировать, то через 50-60 лет она станет неузнаваемой: дорожное полотно покроется травой, вырастут деревья.

Губительное для живых организмов жесткое космическое излучение, извержение вулканов, столкновение с крупными космическими телами, подъемы и опускания суши, перемены климата – все это существенно изменяло условия существования и требовало огромной приспособляемости и живучести от отдельных организмов и удивительной гибкости и прочности всей биосферы в целом.

Учение В.И. Вернадского о биосфере, развитое и продолженное многими учеными мира, позволяет сформулировать *важнейший закон экологии – закон незаменимости биосферы*. Сущность этого закона в следующем: биосфера – единственная система, обеспечивающая устойчивую среду обитания живых организмов при различных воздействиях. Построение искусственных систем, обеспечивающих такую же стабилизацию окружающей среды, в обозримом будущем невозможно.

Сущность современных философско-экологических концепций заключается в том, что процесс взаимодействия человеческого общества и биосферы должен быть управляем таким образом, чтобы неизбежный научно-технический прогресс не привел к деградации биосферы и, как следствие, к гибели человечества. Данный этап развития биосферы рассматривается как этап разумного развития, т.е. этап превращения биосферы в ноосферу.

Понятие «*ноосфера*» (греч. *noos* – разум) впервые ввел в 1927 г. французский ученый профессор Коллеж де Франс Э. Леруа. В 1930 г. французский ученый-палеонтолог П. Тейяр де Шарден употребил этот термин для обозначения духовной оболочки Земли. Материалистическое обоснование понятия «ноосфера» принадлежит В.И. Вернадскому. В статье «Несколько слов о ноосфере» (1944) он обосновал, что *ноосфера – это новое геологическое явление на Земле, т.к. человек становится мощной геологической силой*. На этом этапе эволюция жизни должна идти по пути разумного регулирования взаимоотношений человека и природы. Необходимо не только исправить уже имеющиеся нарушения в отношениях между обществом и природой, но и предотвращать их в будущем.

На этом основании сформулирован *закон ноосферы Вернадского: на современном этапе развития человеческой цивилизации биосфера неизбежно превращается в ноосферу, где разум человека играет определяющую роль в развитии природы*.

Некоторые ученые относятся к этому закону весьма скептически, рассматривая его как очередную социальную утопию. Вместе с тем совершенно очевидно, что если человечество не приведет свои взаимоотношения с природой в соответствие с законами экологии, то оно обречено на вымирание. Поэтому основной смысл закона ноосферы в том, что люди должны научиться правильно управлять не природой, а, прежде всего, собой (Н.Ф. Реймерс, 1992).

Несмотря на многочисленные предупреждения экологов, негативное антропогенное воздействие на биосферу усиливается. Сравнительно недавно стали понятными техногенные причины изменения климата, физико-химического состава атмосферы и т.д. Причины этого в незнании инженерами, создающими сложные технические системы, основных законов биосферы. Понимая это, ученые-экологи пытаются в более доступной форме изложить основные законы биосферы. Такая попытка, довольно успешная, по мнению авторов, сделана известным американским экологом Б. Коммонером (1974). Рассмотренные выше идеи В.И. Вернадского и других ученых изложены **Барри Коммонером** в виде четырех законов.

***Закон первый** гласит: все связано со всем.*

Экологи рассматривают биосферу как сложную саморегулируемую динамическую систему с множеством подсистем и элементов. Здесь экология опять смыкается с кибернетикой, т.к. одной из задач кибернетики является установление закономерностей в поведении таких систем. Механизм взаимодействия в данной системе упрощенно рассмотрим на примере поведения подсистемы «хищник – жертва». Если резкое изменение внешних условий приводит к значительному сокращению численности жертвы, то следом сокращается численность хищников. Это приводит к уменьшению давления на жертву и

создает условия для ее размножения, что, в конце концов, увеличивает численность хищников. Таким образом, обеспечивается динамическое равновесие системы. В теории автоматического управления – это система с отрицательной обратной связью. Искусственное вмешательство в эту систему приводит к ее регулированию и в итоге – к упадку.

Действие этого закона наиболее ярко проявилось в XIX-XX веках, в эпоху «покорения» человеком природы, что привело к известным негативным последствиям.

Второй закон гласит: все должно куда-то деваться.

В окружающей среде в соответствии с законом сохранения материи нет такого места, куда бы могли исчезать ненужные нам предметы, отходы производства.

На примерах биотического круговорота веществ видно, как рационально Создатель построил биосферу, где одни организмы или их останки и отбросы служат пищей для других, т.е. биосфера построена по принципу безотходного производства. К сожалению, человечество создало производство совсем по иным принципам. Отходы производства не исчезают, они накапливаются и вовлекаются в круговороты веществ, которые ранее не существовали. Например, в последние годы широко применяются лампы дневного света, в которых в качестве люминофора используются соли ртути. Эти лампы более экономичны, чем лампы накаливания, их срок службы значительно выше. Но до сих пор не решен вопрос их утилизации и после использования эти лампы выбрасывают на свалку. Дождем и талыми водами соединения ртути вымываются и заносятся в водоемы, где они накапливаются в органах рыбы, а затем в организмах питающихся рыбой людей, не участвуя в процессах жизнедеятельности. Ртуть является ядовитым веществом, поражающим в первую очередь печень, и может привести к гибели организма.

Третий закон: природа знает лучше.

«Третий закон экологии утверждает, что искусственное введение органических веществ, не существующих в природе, – пишет Б. Коммонер, – а созданных человеком и, тем не менее, участвующих в живой системе, скорее всего принесет вред. Один из паразитических факторов в химии живых систем – это то, что для любой органической субстанции, вырабатываемой организмами, существует где-то в природе фермент, способный эту субстанцию разложить. Поэтому, когда человек синтезирует новое органическое вещество, по структуре значительно отличающееся от природных веществ, есть вероятность, что для него не существует разлагающего фермента, и это вещество будет накапливаться».

Очень поучительный в этом плане печально известный пример с ДДТ. Во время Второй мировой войны и после нее десятки миллионов людей оказались в крайне неблагоприятных условиях жизни. Прогрессировали такие болезни, как малярия и сыпной тиф, переносчиками которых являлись комары, вши. Был изобретен инсектицид ДДТ, казавшийся идеальным препаратом для этих целей при якобы незначительной токсичности для людей. Этот препарат почти два

десятилетия использовался достаточно широко. Одному из авторов тоже пришлось столкнуться с этим препаратом, помогая в детстве матери опылять колхозные поля с капустой. ДДТ быстро убивал капустных гусениц, но еще больше вредил человеку. Не распадаясь на безвредные составляющие, ДДТ накапливается в почве, воде и организмах животных и человека, приводя к отравлениям и заболеваниям печени, почек и т.д.

Четвертый закон: ничто не дается даром.

«Этот закон объединяет в себе предыдущие три закона. Потому что глобальная экосистема представляет собой единое целое, в рамках которой ничто не может быть выиграно или потеряно и которая не может являться объектом всеобщего улучшения: все, что было извлечено из нее человеческим трудом, должно быть возмещено. Платежа по этому векселю нельзя избежать, он может быть только отсрочен», – пишет Б. Коммонер.

XX век – век блестящих достижений науки и техники. Отметим основные из них: овладение ядерной реакцией, создание лазера, выход в космос, создание современных транспортных средств и коммуникаций, победа над многими страшными болезнями и т.д. Эти достижения вызвали колоссальный рост промышленности, которая развивалась исходя зачастую из принципа неисчерпаемости природных ресурсов и бесконечности земных пространств. Такой подход породил ряд экологических проблем:

- 1) отравление воздуха, воды и почвы ядовитыми отходами промышленности и сельского хозяйства;
- 2) острый недостаток чистой пресной воды, а в крупных мегаполисах – и кислорода воздуха;
- 3) истощение минеральных ресурсов;
- 4) энергетический кризис;
- 5) недостаток продуктов питания из-за резкого увеличения населения Земли и эрозии почв;
- 6) нарушение биологического и климатического равновесия в природе.

Эти признаки экологического кризиса говорят о том, что вексель еще не оплачен, а отсрочка существенно затянулась.

6.2. Структура биосферы

Современная структура биосферы – продукт длительной эволюции многих систем разной сложности, последовательно стремящихся к состоянию динамического равновесия. Практическое значение учения о биосфере огромно. Особенно заинтересованы в развитии этого учения здравоохранение, сельское и промышленное хозяйство и другие отрасли человеческой практики, чаще других сталкивающиеся с «ответными ударами» со стороны биосферы, вызванными неразумным или неосторожным преобразованием природы человеком.

В настоящее время оба понимания биосферы, по Зюссу и по Вернадскому, существуют на равных правах. Н.В. Тимофеев-Ресовский предлагает гово-

рять о биосфере в узком и широком понимании. Представляется более целесообразным употреблять это понятие, вкладывая в него смысл, приданный Вернадским, – область распространения жизни, используя для биосферы в «узком смысле» выражения: «совокупность организмов», «пленка жизни», «живой крок Земли», «биота», «биос».

По физическим природным условиям биосфера может быть подразделена на три среды: тропосферу, гидросферу и литосферу.

Верхней границей биосферы является озоновый слой – слой атмосферы, имеющий наибольшую концентрацию молекул озона (O_3). Выше озонового слоя существование жизни без специальных защитных средств невозможно из-за коротковолнового ультрафиолетового излучения. Нижней границей биосферы считают слои литосферы глубиной 12-15 км, а также донные отложения морей и океанов. Оболочка планеты на границе тропо-, гидро- и литосферы носит название биогеосферы. В ней наблюдается наибольшая концентрация живого вещества. Здесь самые благоприятные условия жизни – температура, влажность, содержание кислорода и химических элементов, необходимых для питания организмов, являются оптимальными. В остальной части биосферы живое вещество находится в разреженном состоянии.

Биосферу как место современного обитания организмов вместе с самими организмами можно разделить на три подсферы: *аэробiosферу*, населенную аэробиями, субстратом жизни которых служит влага воздуха; *гидробiosферу* – глобальный мир воды (водная оболочка Земли без подземных вод), населенный гидробионтами; *геобiosферу* – верхнюю часть земной коры (литосфера), населенную геобионтами.

Гидробiosфера распадается на мир континентальных, главным образом пресных вод – *аквабиосферу* (с аквабионтами) и область морей и океанов – *мариобиосферу* (с мариобионтами).

Геобiosфера состоит: из области жизни на поверхности суши – *террабиосферы* (с террабионтами), которая подразделяется на *фитосферу* (от поверхности земли до верхушек деревьев) и *педосферу* (почвы и лежащие под ними подпочвы, нередко сюда включают всю кору выветривания) с педобионтами; *литобiosферы* – жизни в глубинах Земли (с литобионтами, живущими в порых горных пород).

Литобiosфера распадается на два слоя: *гипотеррабиосферу* – слой, где возможна жизнь аэробов (или *подтеррабиосфера*) и *теллуриобиосферу* – слой, где возможно обитание анаэробов (или *глубинобиосфера*). Жизнь в толще литосферы существует в основном в подземных водах.

Подобные слои существуют и в *гидробiosфере*, но они связаны главным образом с интенсивностью света. Выделяют три слоя: *фотосферу* – относительно ярко освещенный, *дисфотосферу* – всегда очень сумеречный (до 1% солнечной инсоляции), *афотосферу* – слой абсолютной темноты, где невозможен фотосинтез.

Лимитирующим фактором развития жизни в *аэробiosфере* служит наличие капель воды и положительных температур, а также твердых аэрозолей, поднимающихся с поверхности Земли. От вершин деревьев до высоты наиболее

частого расположения кучевых облаков простирается *тропобиосфера* (с тропобионтами). Выше тропобиосферы лежит слой крайне разряженной микробиоты – *альтобиосфера* (с альтиобионтами). Над ней простирается пространство, куда жизнь проникает лишь случайно и не часто, где организмы не размножаются, – *парабиосфера*.

На больших высотах в горах, там, где уже невозможна жизнь высших растений и вообще организмов-продуцентов, но куда ветры приносят с более низких вертикальных поясов органическое вещество и где при отрицательных температурах воздуха еще достаточно тепла от прямой солнечной инсоляции для существования жизни, расположена высотная часть террабиосферы – *оловая зона*. Это царство членистоногих и некоторых микроорганизмов – эолобионтов.

Жизнь в океанах достигает их дна. Под ним, в базальтах, она едва ли возможна. В глубинах литосферы есть два теоретических уровня распространения жизни – изотерма 100°C, ниже которой при нормальном атмосферном давлении вода кипит, а белки свертываются, и изотерма 460°C, где при любом давлении вода превращается в пар, т. е. в жидком состоянии существовать не может.

Жизнь в глубинах Земли фактически не идет дальше 3-4 км, максимум 6-7 км, и лишь случайно в неактивных формах может проникнуть глубже – в *гипобиосферу* («подбиосфера») – аналог парабиосферы в атмосфере). Следует отметить, что здесь, где залегают биогенные породы, образно выражаясь, следы былых сфер, расположена *метабиосфера*. Метабиосфера, начинаясь с поверхности Земли, простирается далеко вглубь литосферы, теряясь там, где процессы метаморфоза горных пород стирают признаки жизни.

Между верхней границей гипобиосферы и нижней парабиосферы лежит собственно биосфера – *зубиосфера*. Ее наиболее насыщенный жизнью слой называют *биофильмом*, или, по В.И. Вернадскому (1926), «*шейкой жизни*».

Выше парабиосферы расположена *аобиосфера*, где сравнительно обильны биогенные вещества (ее верхняя граница трудноуловима). Под метабиосферой расположена *абиосфера* («небиосфера»).

Весь слой нынешнего или прошлого воздействия жизни на природу Земли называют *мегабиосферой*, а вместе с *артебиосферой* (пространством человеческой экспансии в околоземной космос) – *панбиосферой*.

Таким образом, *поле существования жизни*, особенно активной, по новейшим данным, *ограничено в вертикальном пределе высотой около 6 км над уровнем моря, до которой сохраняются положительные температуры в атмосфере и могут жить хлорофиллоносные растения* (6,2 км в Гималаях). Выше, в *оловой зоне*, обитают лишь жуки, ногохвостки и некоторые клещи, питающиеся зернами растительной пыльцы, спорами растений, микроорганизмами и другими органическими частицами, заносимыми ветром и т. д. Еще выше живые организмы попадают лишь случайно (микроорганизмы могут сохранять жизнь в виде спор).

Нижний предел существования активной жизни традиционно ограничивают дном океана и изотермой 100°C в литосфере, расположенными соответ-

венно на отметках около 11 км, а по данным сверхглубокого бурения на Кольском полуострове – 16 км. Фактически жизнь в литосфере распространена до глубины 3-4 км.

Таким образом, *вертикальная мощность биосферы в океанической области Земли достигает более 17 км, в сухопутной -- 12 км.*

Парабиосфера еще более асимметрична, поскольку верхнюю ее границу определяет озоновый экран.

Более значительны колебания толщи мегабиосферы, охватывающей осадочные породы, но она не опускается на материках глубже отметок самых больших глубин океана, т.е. 11 км (здесь температура достигает 200°C), и не поднимается выше наибольших плотностей озонового экрана (22-24 км), следовательно, ее максимальная толщина 33-35 км.

Теоретически пределы биосферы шире, поскольку в гидротермах дна океана (их назвали «черными курильщиками») из-за темного цвета извергающихся вод) на глубинах около 3 км обнаружены организмы при температуре до 250°C.

Подстилающая литосфера, верхняя стратосфера, ионосфера и космическое пространство служат биосфере средой. Основным энергетическим источником, обеспечивающим функционирование биосферы, – лучистая энергия Солнца.

Таким образом, *биосфера – это особая термодинамическая открытая оболочка Земли, вещество, энергетика и организация которой и обуславливаются взаимодействием ее биотического и абиотического компонентов.* Она, следовательно, включает совокупность организмов и их остатки, а также части атмосферы, гидросферы и литосферы, населенные организмами и изменяемые их деятельностью.

6.3. Живое вещество планеты

Важнейшей функцией биосферы является регулярное, возрастающее во времени воссоздание живого вещества по численности, весу и количеству аккумулированной и удерживаемой энергии. Человек воспринимает эту функцию как биологическую продуктивность биосферы, ее частей (океан, почвы, пресные воды) или ее отдельных экосистем и биогеоценозов (дельты, луга, тайга, поля зерновых и т.д.).

Эволюция биосферы диалектически связана с эволюцией форм живого вещества (организмы и их сообщества), усложнением его биохимических функций, совершающихся на фоне геологической истории Земли.

Живое вещество выполняет следующие *биогеохимические функции*: *газовую* (миграция газов и их превращения); *концентрационную* (аккумуляция живыми организмами химических элементов из внешней среды); *окислительно-восстановительную* (химические превращения веществ, содержащих атомы с переменной валентностью, соединений железа, марганца, микроэлементов и т.д.); *биохимическую и биогеохимическую* (включение разного рода химических веществ, поступающих в окружающую среду в процессе жизнедеятельности человека). Совокупность этих функций определяет все химические превращения в биосфере.

Один из самых сложных вопросов мироздания: каким образом и при каких условиях из неживого вещества возникло *живое вещество* и что оно собой представляет.

Многие ученые определяют живое вещество как сложные молекулярные объединения, обладающие упорядоченным обменом веществ. Но и у некоторых растворов наблюдается обмен веществ в простейших формах. Поэтому сводить сущность жизни только к обмену веществ нельзя.

В основе жизнедеятельности любого организма лежит система взаимосвязанных химических реакций: окислительных и восстановительных. Окислительные реакции приводят к разрушению структуры организма. Очевидно, что для существования организма необходимо восстановление разрушенных структур. В основе воспроизводства лежит синтез белков, происходящий в клетках организма с помощью нуклеиновых кислот ДНК и РНК (ДНК – дезоксирибонуклеиновая, РНК – рибонуклеиновая кислоты). Белки – это сложные макромолекулы, структурными элементами которых являются аминокислоты. Известно более 100 аминокислот, но в белках практически всех организмов используется только 20 аминокислот.

Нуклеиновые кислоты, по сравнению с белком, имеют более простую структуру. Они образуют длинные полимерные цепи, мономерами которых являются нуклеотиды – химические соединения трех веществ: азотного основания, углевода и фосфорной кислоты.

ДНК любого живого вещества образованы соединением 4 видов нуклеотидов: аденина (А), гуанина (Г), тимина (Т), цитозина (Ц). Соединение нуклеотидов в цепи происходит через углевод одного нуклеотида и фосфорную кислоту другого. Описанное выше строение молекулы ДНК определили в 1953 г. английский биолог Ф. Крик и американский биохимик Д. Уотсон. Каждая из нитей соединяется с другой водородными связями, а каждая связь попарно соединяет либо А одной цепи с Т другой, либо Г – с Ц.

Открытие Ф. Крика и Д. Уотсона является фундаментом молекулярной биологии. Дальнейшие исследования показали, *что основной функцией ДНК является управление строительством (синтезом) молекул белка по определенной программе.* Такую закодированную программу в двойной спирали ДНК первым увидел в 1954 г. американский физик Г. Гамов. Он рассуждал следующим образом. Все белки состоят из комбинаций 20 аминокислот, а в ДНК чередуются четыре нуклеотида. Если предположить, что каждой аминокислоте соответствует определенная комбинация (определенный порядок чередования) нуклеотидов, то каждой аминокислоте должно соответствовать сочетание трех нуклеотидов из четырех, т.к. при этом число возможных комбинаций равно 64 (необходимо 20 комбинаций по числу используемых аминокислот).

Гипотеза Гамова экспериментально подтверждена в 1961 г. американскими биохимиками М. Ниренбергом и Дж. Маттеи. Самое поразительное то, что во всех без исключения организмах, начиная от простейших сине-зеленых водорослей и до человека, используется одинаковый генетический код: сочетание трех нуклеотидов из четырех.

Синтез белков происходит в особых областях клетки, называемых рибосомами. Генетическая программа переписывается с молекулы ДНК на молекулу РНК. В строгой последовательности выбирается молекула соответствующей аминокислоты, которая транспортируется транспортной РНК к строящейся молекуле белка. Вот такова упрощенная схема.

Генетическая программа передается по наследству и может меняться под воздействием внешних факторов. Эти изменения называются мутациями. Выживают те организмы, у которых мутации оказались необходимыми в их борьбе за существование.

Выдающийся русский ученый математик А.Н. Колмогоров подчеркивал, что понятие «жизнь» отождествляется с воплощением ее в конкретных условиях нашей планеты. В просторах космоса возможны иные проявления жизни.

Интересны работы русского кибернетика А.А. Ляпунова в определении понятия «жизнь». При изучении процессов жизнедеятельности организмов он исходил из представлений кибернетики – науки об управляющих процессах и системах. Он характеризует жизнь как высокоустойчивое состояние вещества, использующее для обеспечения сохраняющих реакций информацию, кодируемую состоянием отдельных молекул. Но возможно ли устойчивое поддержание существования живого вещества при одном вышеупомянутом условии? Живое вещество состоит из отдельных структурных единичных организмов. Расчленение живой материи на клетки, органы, организмы, популяции, виды и т.д. соответствует иерархии, существующей в управляемых системах. Каждая структурная единица живой материи управляется своей собственной системой управления, но вместе с тем подчиняется управляющей системе более высокого иерархического уровня.

Высокая устойчивость существования живого вещества возможна лишь при условии появления новых организмов, сохраняющих основные признаки вида и приходящих на смену старым, т.е. при условии размножения. Каждый возникающий новый организм должен иметь программу развития и поддержания существования, а также управляющую систему, которая бы реализовывала эту программу, т.е. размножение живых организмов должно сопровождаться передачей от родителей к потомству наследственной информации.

Таким образом, *живое вещество – это сложный молекулярный агрегат (организм), содержащий управляющую систему жизнеобеспечения с механизмом передачи наследственной информации, обеспечивающей сохраняющие реакции у потомков.*

Из кибернетики и других наук известно, что передача любой информации сопряжена с наличием помех, искажающих ее. Имеют место искажения и при передаче наследственной информации, например под воздействием радиоактивного излучения. Биологи эти искажения называют мутациями. Тем самым благодаря неизбежным помехам при передаче наследственной информации живые организмы способны к мутациям, а следовательно, к эволюции.

Как же появились живые организмы, имеющие устойчивые программные управляющие системы?

По современным данным, возраст Вселенной около 15 млрд. лет, Земли – 4,5-4,6 млрд. лет. Исследования геологов и геохимиков показывают, что уже 3,5 млрд. лет назад атмосфера Земли была довольно богата кислородом. Очевидно, что жизнь возникла еще раньше, т.к. кислород появился в результате жизнедеятельности растений.

Вернемся к началу образования Земли. Согласно современным космогоническим гипотезам планеты образуются из газопылевых субстанций, химический состав которых аналогичен химическому составу звезд. Первоначальная атмосфера планет состояла в основном из простейших соединений водорода, кислорода, азота и углерода. Кроме того, атмосфера была богата гелием и неонам.

К настоящему времени накоплен достаточный экспериментальный материал, как упомянутые выше простейшие молекулы превращаются в сложные соединения, являющиеся исходным строительным материалом для клетки.

Опытами американских ученых Г. Юри и С. Миллера впервые в 1953 г. доказано, что при прохождении электрических разрядов через смесь метана CH_4 , молекулярного водорода H_2 , аммиака NH_3 и паров воды (первичная атмосфера Земли) возникают аминокислоты. Также экспериментально доказано, что образование аминокислот может происходить в упомянутой выше смеси под воздействием ультрафиолетового излучения, радиоактивного распада изотопа калия ^{40}K , извержения вулканов.

Наиболее существенным достижением в области пребиологической химии можно считать абиогенный синтез нуклеотидов и полинуклеотидов, осуществленный впервые Шраммом. Нуклеотиды располагались в цепи случайно, распознать какой-либо код не удалось.

Многочисленные эксперименты по абиогенному синтезу подтвердили, что в условиях примитивной Земли могли возникать биологически активные соединения небιологическим путем.

Также было установлено, что под воздействием длинноволнового солнечного излучения сложные молекулы разрушаются. Поскольку поток энергии в области длинноволнового излучения больше, чем в области ультрафиолетового, то можно предположить, что накопления органических соединений происходить не будет.

Русский ученый Л.М. Мухин выдвинул идею «локального» возникновения жизни на Земле в области подводных вулканов. Действующий вулкан рассматривался им не только как источник энергии, но и как источник простых соединений (CO , H_2O , CO_2 , NH_3 и CH_4 и др.). Экспериментально это предположение пока не подтверждено.

Интересную идею о зарождении жизни в иле небольших лагун выдвинул физик Дж. Бернал. В таких условиях частицы ила служат своеобразными катализаторами, что ускоряет процесс полимеризации молекул. Это положение подтверждено экспериментально.

Кроме того, экспериментально установлено, что при определенных условиях происходит слияние молекул в молекулярные агрегаты, насчитывающие миллионы молекул. Такие образования называют *коацерватными каплями*. В лабораторных условиях было установлено, что эти капли обладают свойством улавливать и впитывать в свою структуру некоторые вещества из окружающего их низкомолекулярного раствора. Академик А.И. Опарин в этом усматривал зачаточные формы обмена веществ – важнейшего, по его мнению, атрибута жизни.

Как уже отмечалось, основным свойством любого живого организма является не обмен веществ, а наличие программы, передающей по наследству все существенные признаки данной особи. Ничего подобного у коацерватных капель нет. Поэтому гипотеза Опарина не может служить объяснением возникновения жизни на Земле.

В последние годы все больше подтверждений находят идеи В.И. Вернадского о возможности космического происхождения живого вещества. В начале 1998 г. американские и российские ученые заявили, что во Вселенной обнаружена жизнь. Этот вывод сделан на основе излучения углеродных метеоритов. С помощью новейших средств в метеоритных породах обнаружены ископаемые микроорганизмы и грибы, схожие с земными формами. Радиоизотопный анализ метеоритов показал, что их возраст достигает 6 млрд лет, т.е. они старше Земли. Это означает, что жизнь на Земле не уникальна и могла быть занесена на нее из Вселенной.

Академик Н.Н. Моисеев в 1994 г. высказал идею о том, что картину мироздания можно представить как эволюцию единой системы – Вселенной – от начального взрыва до появления живого вещества, разума и, в конце концов, общества.

В современном понимании идеи академиков В.И. Вернадского и Н.Н. Моисеева можно сформулировать следующим образом: жизнь, разум, общество – это этапы эволюции материи, возможность, присущая континууму «пространство – время».

Есть еще одна тайна, которую до сих пор наука не раскрыла. Она заключается в том, что все белковые соединения всех живых организмов имеют «левую асимметрию». Дело в том, что многие органические соединения существуют в двух формах, отличающихся противоположной ориентацией отдельных группировок атомов, т.е. некоторая группировка атомов в одной молекуле является зеркальным отражением такой же группировки в другой. Если синтез такого соединения происходит в лабораторных условиях, то «правые» и «левые» молекулы присутствуют примерно в одинаковом количестве, т.к. этот процесс случайный и вероятность синтеза «правых» и «левых» молекул одинакова и равна 50%. В настоящее время не ясно, почему в живых организмах молекулы имеют только левую асимметрию.

Следует обратить внимание еще на одно обстоятельство. Как уже отмечалось, белки почти всех организмов состоят из 20 аминокислот, хотя известно более 100. У некоторых низших организмов используются другие аминокислоты, но и ДНК этих организмов отличаются от обычных. Эта тайна тоже пока не раскрыта.

Итак, центральная проблема возникновения жизни на Земле – объяснение качественного скачка от неживой материи к живой – очень далека от ясности. Один из основоположников современной молекулярной биологии Ф. Крик сказал: «Мы не видим пути от первичного бульона до естественного отбора. Можно прийти к выводу, что происхождение жизни – чудо, но это свидетельствует только о нашем незнании».

Следует отметить, что Ч. Дарвин в заключении своей книги «Происхождение видов» писал: «Есть величие в этом воззрении на жизнь с ее различными силами, изначально вложенными Творцом в значительное число форм или только одну».

Признавая возможность существования разумной жизни во Вселенной, следует также признать и различный уровень развития иных цивилизаций, и соответственно различные их научные достижения, в т.ч. в области генетики. Достижения современных ученых-генетиков, особенно в области клонирования живых организмов, невольно наводят на мысль о возможности создания различных организмов более высокоразвитыми внеземными цивилизациями. Видимо, кое-кому эти мысли покажутся спорными. Но, как известно, в споре рождается истина.

Как уже отмечалось, примерный возраст Земли – 4,5-4,6 млрд. лет. По современным данным, первые организмы, преобразующие атмосферу на основе фотосинтеза, возникли 3,5-3,8 млрд. лет назад. Тогда же появились первые организмы, состоящие из клетки с ядром. Первые многоклеточные (без скелета) возникли 1 млрд. лет назад, первые организмы со скелетом – 600 млн. лет назад. Выход живых организмов из воды на сушу произошел 400 млн. лет назад. Первые млекопитающие возникли 65 млн. лет, а обезьяны – 35 млн. лет назад. Австралопитеки появились 3,5 млн. лет, кроманьонский человек – 40 тыс. лет назад.

Первые организмы были одноклеточные, лишённые ядер бактерии и сине-зеленые водоросли. С возникновением организмов, содержащих клетки с ядрами, начинается процесс преобразования наружной оболочки Земли. Благодаря фотосинтезу в клетках растений, в основном, начинается преобразование атмосферы – извлечение из нее углекислого газа и накопление свободного кислорода.

Примерно 3 млрд. лет жизнь развивалась только в воде, затем начался выход ее на сушу и преобразование. Бурное развитие жизни началось с колонизации суши (всего 500 млн. лет назад). К этому времени в морях жили довольно высокоорганизованные животные (трилобиты) – предки нынешних членистоногих. Их насчитывалось более тысячи видов. Кроме трилобитов, которые к настоящему времени полностью вымерли, в морях жили иглокожие моллюски и плеченогие. Также было много разнообразных водорослей.

Почти за 100 млн. лет растения покоряют сушу. Видимо, выход растений на сушу начался с мелководных лагун, где на прибрежной кромке появились пленки водорослей, которые прибоем выбрасывало на сушу.

Затем на сушу выходят первые животные. Происходит дальнейшее преобразование и развитие животного и растительного мира. Примерно 280 млн. лет назад появляются первые рептилии, которые царствуют более 200 млн. лет и достигают небывалых форм.

Как уже отмечалось, примерно 65 млн. лет назад появляются первые млекопитающие, строение земной поверхности приближается к современному. По оценкам ученых, примерно 15 млн. лет назад появляется отдаленный предок человека – рамапитек. Расчеты скорости изменений в генной структуре показывают, что человек появился где-то 2,7 млн. лет назад.

За время эволюции жизни на Земле, по оценкам палеонтологов, существовало около 500 млн. видов живых организмов. В настоящее время насчитывается около 2 млн. видов, из которых почти 75 % – насекомые.

Таким образом, развитие жизни на Земле привело к коренной перестройке поверхностных слоев Земли. Благодаря жизнедеятельности зеленых растений современная атмосфера насыщена кислородом ($\approx 21\%$), а углекислый газ составляет ничтожную долю ($\approx 0,032\%$). По данным отечественных и зарубежных ученых, суммарная масса живого вещества на Земле находится в пределах 1 800-4 400 млрд. т, причем биомасса обитателей водной среды меньше, чем обитателей суши, более чем в тысячу раз!

6.4. Круговорот веществ в природе

Живое вещество охвачено постоянным эволюционным процессом. Происходят непрерывные мутации организмов, появляются одни виды организмов и исчезают другие. В этом фундаментальное отличие живого вещества от косного. Многообразие форм живых организмов и их многофункциональность являются основой для устойчивого круговорота веществ и в конечном итоге обеспечивают устойчивость функционирования биосферы.

В.И. Вернадский представлял биосферу как одну из геологических оболочек Земли, ее глобальную биогеохимическую систему, в которой превращения и переносы энергии и вещества определяются суммарной активностью живых организмов.

Биосфера имеет следующие замечательные особенности. В ней в большом количестве содержится вода, к ней осуществляется приток колоссальной солнечной энергии, и, кроме того, в биосфере проходят поверхности раздела между твердыми, жидкими и газообразными веществами. Это является предпосылкой для процессов интенсивного обмена веществом и энергией между различными объектами живой и неживой природы. Биосфера – главная арена жизни всех организмов, а для человека – и главная арена хозяйственной деятельности.

До возникновения биосферы на Земле имели место три круговорота веществ: *минеральный круговорот* – перемещение магматических продуктов из глубин на поверхность и обратно; *газовый круговорот* – циркуляция воздушных масс, периодически разогреваемых Солнцем; *круговорот воды* – испарение воды и перенос ее воздушными массами, выпадение осадков (дождь, снег). Эти три круговорота объединяют единым термином – *геологический круговорот*.

С появлением жизни к газовому, минеральному и водному круговоротам добавился *биотический (биогенный) круговорот*. Вместе с геологическим образовался единый *биогеохимический круговорот веществ* на Земле. Биотический круговорот постепенно стал определяющим. «Можно без преувеличения утверждать, что химическое состояние наружной коры нашей планеты, биосферы, всецело находится под влиянием жизни, определяемой живыми организмами», – писал В.И. Вернадский.

Жизнедеятельность любого организма невозможна без обмена веществ с окружающей средой. В процессе обмена организм потребляет и усваивает необходимые вещества и выделяет бесполезные. Поскольку размеры нашей планеты не бесконечны, то, очевидно, что в конечном итоге все полезное вещество было бы переработано в бесполезные отбросы. Но Создатель нашел великолепный выход. Кроме организмов, умеющих строить живое вещество из неживого, были созданы и другие организмы, разлагающие это сложное органическое вещество на исходные минералы, готовые к новому использованию. «Единственный способ придать ограниченному количеству свойства бесконечного, – писал В.Р. Вильямс, – это заставить его вращаться по замкнутой кривой».

Механизм взаимодействия живой и неживой природы состоит из вовлечения неживой материи в область жизни. После ряда превращений неживой материи в живых организмах происходит возврат ее в прежнее исходное состояние. Такой круговорот возможен из-за того, что живые организмы содержат те же химические элементы, что и неживая природа.

Как же происходит такой круговорот? В.И. Вернадский обосновал, что главным преобразователем энергии, поступающей из космоса (в основном солнечной), является зеленое вещество растений. Только они способны синтезировать первичные органические соединения под воздействием солнечной энергии. Вернадский подсчитал, что общая площадь поглощающей энергию поверхности зеленого вещества растений в зависимости от времени года составляет от $0,86 \cdot 10^{-2}$ до $4,2 \cdot 10^{-2}$ от площади поверхности Солнца. В то же время площадь поверхности Земли $< 1 \cdot 10^{-4}$ площади поверхности Солнца, т.е. площадь поверхности зеленого вещества больше чем на два порядка площади поверхности Земли. Эта колоссальная энергопреобразующая фабрика лежит в основе сохранения и поддержания всего живого на нашей планете.

Животные, пищей для которых являются растения или другие животные, синтезируют в своем организме новые ограниченные соединения.

Останки животных и растений служат пищей для червей, грибков и микроорганизмов, которые в конечном итоге превращают их в исходные минералы, выделяя при этом углекислый газ. Эти минералы вновь служат первоначальным сырьем для создания первичных органических соединений растениями. Таким образом, круг замыкается и начинается новое движение атомов.

Вместе с тем В.И. Вернадский считал, что круговорот веществ не является абсолютно замкнутым. Часть атомов выходит из круговорота, закрепляется и организуется новыми формами живых организмов и продуктов их жизнедеятельности. Проникая в литосферу, гидросферу и тропосферу, живые организмы производили и производят огромную геохимическую работу по перемещению и

перераспределению имеющихся веществ и созданию новых. В этом суть поступательного развития биосферы, т.к. при этом расширяется сфера биогеохимических циклов и укрепляется биосфера. Как отмечал В.И. Вернадский, в биосфере имеет место постоянное биогенное движение атомов в виде «вихрей».

Во все геологические периоды геосфера как внешняя оболочка Земли, в которой взаимодействуют земная кора, атмосфера (до озонового слоя), гидросфера и биосфера, и где сосредоточены жизнь и хозяйственная деятельность человека, развивалась как единое целое. Единство, саморегулирование и развитие обеспечивались непрерывным движением вещества и энергии в биосфере.

Основу биосферы и ее функций составляет, прежде всего, круговорот биологически важных веществ, таких, как углерод, кислород, фосфор, азот и вода. Циклы элементов существенно отличаются от простого физического преобразования энергии, которая, в конце концов, деградирует в виде теплоты и никогда потом не используется снова.

Биосфера играет важную роль в распределении энергетических потоков на Земле. В год до Земли доходит около 10^{24} Дж солнечной энергии, 42% из нее отражается обратно в космос, а остальная часть поглощается. Другим источником энергии является теплота земных недр. 20% энергии возвращается в мировое пространство в виде теплоты, 10% расходуется на испарение воды с поверхности Мирового океана. Зеленые растения преобразуют в процессе фотосинтеза около 10^{22} Дж энергии в год, поглощают $1,7 \cdot 10^8$ т углекислого газа, выделяют около $11,5 \cdot 10^7$ т кислорода и испаряют $1,6 \cdot 10^{13}$ т воды. Исчезновение растений привело бы к катастрофическому накоплению углекислого газа в атмосфере, и через сотню лет жизнь на Земле в ее нынешних проявлениях погибла бы. Наряду с фотосинтезом в биосфере происходят почти такие же по масштабам процессы окисления органических веществ при дыхании и разложении.

В организмах содержатся все известные сегодня химические элементы. Для синтеза живого вещества необходимо примерно 40 элементов. Наибольшую роль выполняют основные биогенные элементы.

Биогенные элементы – это химические элементы, постоянно входящие в состав организмов. Биогенные элементы выполняют жизненно необходимые биологические функции, т.е. являются основой жизни. К таким элементам относятся: кислород (составляющий 70 % массы организмов), углерод (18 %), водород (10 %).

Другие элементы требуются в меньших количествах, но и они также необходимы. Это – кальций, железо, калий, магний, натрий, кремний и др. Все элементы попеременно переходят из живой материи в материю косную (неживую), участвуя в более или менее сложных биогеохимических циклах.

Успехи аналитической химии и спектрального анализа расширили перечень биогенных элементов: ученые находят все новые элементы, входящие в состав организмов в малых количествах (*микроэлементы*), и открывают биологическую роль многих из них. Вернадский считал, что все химические элементы, постоянно присутствующие в клетках и тканях организмов в естественных

условиях, вероятно, играют определенную физиологическую роль. Многие элементы имеют большое значение только для определенных групп живых существ (например, бор необходим для растений, ванадий – для асцидий и т. п.).

Содержание тех или иных элементов в организмах зависит не только от их видовых особенностей, но и от состава среды, пищи (в частности, для растений - от концентрации и растворимости тех или иных почвенных солей), экологических особенностей организма и других факторов. Все элементы попеременно переходят из живой материи в косную (неживую), участвуя в сложных биогеохимических циклах, которые можно разделить на две основные группы:

- круговорот газов и воды, в котором главным резервуаром элементов служит атмосфера (круговорот углерода, азота, кислорода);
- круговорот осадочный, элементы которого в твердом состоянии находятся в составе осадочных пород (круговорот фосфора, железа и серы).

Организмы участвуют в миграции химических элементов как прямо (выделение кислорода в атмосферу, окисление и восстановление различных веществ в почвах и гидросфере), так и косвенно (восстановление сульфатов, окисление соединений железа, марганца и других элементов). Биогенная миграция атомов вызвана тремя основными процессами: обменом веществ, ростом и размножением организмов.

Огромную роль в биогеохимической активности играет человек, извлекая ежедневно в ходе добычи полезных ископаемых миллиарды тонн горной породы. Влияние человека на глобальные геохимические процессы с каждым годом только растет.

Круговорот углерода является наиболее значимым для сохранения свойств биосферы. Единственным источником углерода, используемого автотрофными растениями для синтеза органического вещества, служит углекислый газ (диоксид углерода) – CO_2 , входящий в состав атмосферы или находящийся в растворенном состоянии в воде. Углерод горных пород (преимущественно карбонаты) автотрофами практически не используется. *Круговорот углерода* начинается с фиксации атмосферного углекислого газа в процессе фотосинтеза.

В результате фотосинтеза из диоксида углерода и воды образуются углеводы, и высвобождается кислород, поступающий в атмосферу. Часть образовавшихся углеводов используется самим фотосинтезирующим организмом (зеленым растением или некоторыми микроорганизмами и простейшими) для получения энергии, идущей на рост и развитие, а часть используется животными при их употреблении в пищу. При этом диоксид углерода уходит в окружающую среду через корни, листья и некоторые другие органы растений, а также выделяется животными в процессе дыхания.

Мертвые животные и растения постепенно разлагаются микроорганизмами почвы, углерод их тканей окисляется до CO_2 и снова возвращается в атмосферу. Аналогичный процесс происходит не только на суше, но и в океане. Благодаря длительной фотосинтезирующей деятельности, в атмосфере накопилось достаточное количество свободного кислорода для процветания белковой жизни. Более того, в настоящее время для процесса фотосинтеза лимитирующим

фактором является не только низкое содержание в атмосфере CO_2 , но и высокое кислорода. Фотосинтезирующие зеленые растения и карбонатная система моря весьма эффективно удаляют из атмосферы избыток CO_2 , который может привести к перегреву планеты и угнетению жизни.

Однако необыкновенно возросшее потребление ископаемого топлива, газовые выбросы промышленности, а также снижение поглотительной способности зеленых растений в связи со значительным сокращением лесов, прежде всего влажных джунглей Амазонки и таежных лесов Сибири, влиянием ряда химических загрязнителей на сам процесс фотосинтеза, начинают заметно отражаться и на атмосферном фонде круговорота углерода.

О масштабах круговорота углерода можно судить по следующим цифрам. Запасы углерода в атмосфере оцениваются в 700 млрд. т, в гидросфере – в 50 000 млрд. т. Если принять, что общий годовой фотосинтез, согласно существующим подсчетам, составляет соответственно 30 и 150 млрд. т, то продолжительность круговорота углерода равна трем или четырем столетиям, а по некоторым данным – 1000 лет. Действительно, содержание CO_2 в атмосфере не уменьшается, так как его запасы постоянно пополняются за счет дыхания, брожения и сгорания. Наоборот, существует реальная опасность того, что в результате развития промышленного производства и нарушения равновесного состояния биосферы содержание CO_2 в атмосфере может значительно вырасти, что приведет к целому ряду отрицательных эффектов.

Круговорот воды в биосфере предполагает, что суммарное испарение уравнивается выпадением осадков. В средних широтах растения способны задерживать до 25% воды, выпадающей в виде осадков. Остальная вода впитывается в почву или стекает до поверхности в водоемы. Благодаря испарению часть воды снова возвращается в атмосферу.

В Германии был проведен количественный учет дождевой воды на всей территории страны. Выяснилось, что из годовой нормы осадков в 771 мм только 367 мм, или меньше 50%, достигает моря в виде ливневых стоков; остальная вода, т. е. 404 мм, испаряясь, возвращается в атмосферу. Растения поглощают и транспирируют (испаряют) в атмосферу 38% осадков. Показано, что задерживается и идет на создание живого вещества всего 1% атмосферной влаги.

В экваториальных районах испарение играет еще более существенную роль. Например, известно, что тропические леса бассейна реки Конго испаряют 2/3 выпадающих осадков. Ежегодно с поверхности Мирового океана в атмосферу испаряется около 880, а с суши – 140 мм воды и столько же выпадает на Землю в виде осадков. Живые организмы играют активную роль в круговороте воды на Земле. Подсчитано, что вся вода планеты проходит через живую оболочку Земли за 2 млн. лет. Из океана испаряется больше воды, чем попадает в него с осадками, на суше – наоборот. «Лишние» осадки, выпадающие на суше, попадают на ледяные шапки и ледники и сохраняются там, пополняя грунтовые воды, откуда растения забирают их с помощью корневой системы и используют на рост и развитие. Грунтовые воды питают реки и озера, из которых снова возвращаются в океан со стоком.

Удаление некоторого количества воды в виде паров и водорода в космос компенсируется в основном за счет ювенильной воды, т. е. поднимающейся на поверхность из глубоких магматических очагов в результате вулканической деятельности и землетрясений.

Круговорот азота также охватывает все области биосферы. Его запасы в атмосфере практически неисчерпаемы, однако высшие растения могут усваивать азот лишь после того, как он образует легкорастворимые соли с водородом или кислородом. В этом процессе основополагающую роль играют азотфиксирующие бактерии. Растения, поглотившие азот, в дальнейшем поедаются животными. С энергетической точки зрения круговорот азота можно представить как ряд этапов, которые требуют энергии извне либо получают ее за счет энергонасыщенных соединений. В процессе круговорота азот протоплазмы переводится из органической в неорганическую форму в результате деятельности нескольких видов бактерий, каждый из которых выполняет одну индивидуальную функцию.

Атмосферный воздух является кладовой азота, так как на 78,09% он состоит из него, но, как уже указывалось выше, чтобы высшие растения смогли атмосферный азот усвоить, он должен соединиться с кислородом или водородом. С помощью азотфиксирующих бактерий азот атмосферы переходит в легко усваиваемые растениями формы. Растения, использовавшие азотсодержащие соли на рост и развитие, поедаются животными. Продукты жизнедеятельности последних также с помощью бактерий разлагаются до аммиака, а затем другими микроорганизмами связываются до нитратов и нитритов и т. д. Таким образом, азот постоянно поступает в атмосферу благодаря жизнедеятельности денитрифицирующих бактерий, а также образуется при атмосферных электроразрядах (молниях) и снова включается в круговорот за счет деятельности азотфиксирующих бактерий и зеленых водорослей.

Для круговорота азота, как и для любого другого процесса, необходима энергия. Хемосинтезирующие бактерии, превращающие аммиак через ряд процессов в нитриты, получают энергию за счет разложения; денитрифицирующие и азотфиксирующие бактерии – за счет других источников.

Азот могут фиксировать многие бактерии, такие, как свободноживущие *Azotobacter* и *Clostridium*, симбиотические клубеньковые бактерии бобовых растений, некоторые пурпурные и различные почвенные бактерии. Кроме того, показано, что водоросли и бактерии, живущие на листьях, и эпифиты тропических лесов также могут фиксировать атмосферный азот, часть которого опосредованно используется и деревьями, однако не обнаружено ни одного высшего растения, которое могло бы самостоятельно получать азот из атмосферы и использовать его в процессе жизнедеятельности. Известно, что в биосфере в целом за год в среднем фиксируется из воздуха 140-700 мг/м³ азота. В основном это биологическая фиксация, и лишь крайне незначительное количество фиксируется за счет фотохимических и электрических процессов.

Круговорот фосфора, в отличие от круговорота азота, является сравнительно простым процессом, хотя по своей значимости для биосферы ему не уступает. Основные запасы фосфора содержатся в различных горных породах,

которые постепенно за счет вымывания и выветривания отдают фосфаты наземным экосистемам. Фосфаты потребляются, прежде всего, растениями разного уровня организации и используются ими для синтеза органических веществ, таких, как аминокислоты, ферменты и др. При разложении растительных остатков и трупов животных бактериями фосфаты возвращаются в почву и затем снова используются растительными организмами и микробами. Помимо этого, часть фосфатов выносятся с паводковыми водами в море, что обеспечивает развитие фитопланктона и существование зависящих от него организмов. Часть фосфора, содержащегося в морской воде и морских организмах, может вновь возвращаться на сушу при вылове рыб, моллюсков, ракообразных, водорослей и т. д.

Фосфор – один из наиболее важных элементов живого вещества. Он принимает участие в основных биохимических реакциях, обеспечивающих жизнедеятельность организма и его целостность. В связи с высокой активностью в окружающей среде свободный фосфор является относительно редким элементом. Ежегодно человеком добывается 2-2,5 млн. т фосфорсодержащих пород, используемых в качестве минерального сырья для получения ряда продуктов, при этом большая часть фосфора исключается из круговорота. Запас же таких пород ограничен, и уже в настоящее время ощущается их дефицит.

Круговорот биогенных элементов в значительной мере обеспечивает плодородие почв.

На суше главным источником биогенных катионов служит почва, в которую они поступают в процессе разрушения материнских пород, а также приносятся атмосферными осадками. Катионы адсорбируются корнями, а затем распределяются по разным вегетативным органам растений. В наибольшем количестве биогенные катионы накапливаются в листьях. Травоядные животные поедают растительную биомассу, травоядных животных поедают хищники или они умирают, минерализация экскрементов и трупов возвращает биогенные элементы снова в почву. В умеренных широтах большая часть минеральных питательных веществ сохраняется в мощном слое гумуса, в котором создаются резервы биогенов и основных питательных веществ. Поэтому выкашивание травы, сбор опада в лесу, выпас скота, корчевка пней, выжигание растительности, снятие дерна приводит к исчезновению такого ресурса питательных веществ, как гумус. В результате этого нарушается круговорот биогенных элементов, происходит трансформация лесной экосистемы в пустошь или луг со скудной растительностью.



Тема 7. РЕСУРСЫ БИОСФЕРЫ

7.1. Природопользование

Природопользование – это удовлетворение различных потребностей человеческого общества путем использования природных ресурсов и природных условий.

Природопользование определяется так же, как система непосредственных взаимоотношений человека с природой, возникающих в процессе трудовой деятельности людей, и включает мероприятия по освоению, охране и восстановлению свойств окружающей среды.

Существует два вида природопользования – *общее* и *специальное*.

Общее природопользование не требует специального разрешения и осуществляется гражданами на основе принадлежащих им естественных (гуманитарных) прав (пользование водой, воздухом и т. п.).

Специальное природопользование осуществляется физическими и юридическими лицами на основании разрешения уполномоченных государственных органов. Оно носит целевой характер и по видам используемых объектов подразделяется на землепользование, водопользование, лесопользование и др.

Природопользование может быть рациональным и нерациональным. *Рациональное природопользование* направлено на разумное освоение природных ресурсов, предотвращение возможных негативных последствий человеческой деятельности для биосферы, поддержание, повышение продуктивности и привлекательности природных комплексов и отдельных природных объектов.

Рациональное природопользование предполагает такое вовлечение природных богатств в сферу общественно-производственной деятельности, которое обеспечивает потребности и настоящего, и всех будущих поколений людей без значительного изменения качества окружающей среды и ее разнообразия.

Рациональное природопользование может быть организовано только при заинтересованности всего общества. Оно осуществляется совместными усилиями представителей технических, естественных, общественных наук, экономистов, правительств и всех граждан планеты. Рациональное природопользование призвано обеспечить необходимыми условиями процветание и прогресс человечества, получение им материальных благ, максимальное использование каждого ресурса природного комплекса и одновременное предотвращение возможных негативных последствий для каждого звена этого комплекса, а также полное исключение отрицательных последствий процесса производства для биосферы в целом.

Эффективным инструментом рационального использования ресурсов является анализ жизненного цикла продукции, включающего производство, использование, ее утилизацию на протяжении определенного периода времени.

Нерациональное природопользование – это бездумное, хищническое, нерасчетливое изъятие природных ресурсов, которое сопровождается явлениями загрязнения, истощения и деградации природных систем, ведет к качествен-

ному ухудшению природной среды, нарушению баланса экологических компонентов и разрушению биогеоценозов. Все это в итоге сказывается на состоянии человеческой популяции и, прежде всего, на таких ее показателях, как здоровье, рождаемость и смертность.

Нерациональное природопользование может быть результатом как преднамеренного (сознательного) потребительского отношения, так и непреднамеренных (стихийных или попутных) воздействий общества на природу.

Рациональное природопользование немыслимо без научно обоснованных технологий производства путем разумного использования естественных ресурсов без нарушения природной сбалансированности экосистем.

Известно несколько основных направлений снижения уровня негативных воздействий материального производства на окружающую среду. Ранее борьба с промышленным загрязнением заключалась в оснащении производств системами очистки и обезвреживания выбросов и сбросов при сохранении традиционной технологии данного производства, создании все более сложных и многоступенчатых методов обработки отходящих газов и сточных вод.

В настоящее время общепринято, что кардинальным путем охраны окружающей среды и рационального природопользования является создание и внедрение безвредных малоотходных, а в итоге абсолютно безотходных и бессточных технологий.

Пути совершенствования существующих и создаваемых технологических процессов, отвечающих принципам рационального природопользования, объединяются понятием «*экологизация производства*».

Основным направлением экологизации производства является разработка и научное обоснование новых экологически безопасных технологий, комплексное и многократное использование природных ресурсов и отходов производства, а также восстановление окружающего мира.

Для реализации этого направления необходимо знание *ресурсного цикла*, представляющего собой совокупность превращений и пространственных перемещений вещества на всех этапах его использования.

Только эффективные меры по контролю, охране и защите природной среды могут гарантировать продолжение существования человека, настоящего и будущих поколений людей.

Неконтролируемое загрязнение природной среды в современных условиях чревато угрозой глобального изменения, трансформации биосферы, в которой не найдется места человеку как виду.

Таким образом, наша цивилизация вынуждена использовать все имеющиеся возможности ресурсосбережения, в том числе и энергосбережения.

Энергосбережение в промышленном производстве заключается в совершенствовании технологии и аппаратурного оформления с целью максимального использования первичных и утилизации вторичных энергетических ресурсов (ВЭР).

7.2. Природные ресурсы и их классификация

Природные или естественные ресурсы – это часть совокупности природных условий и важнейших компонентов природной среды, которые используются либо могут использоваться для удовлетворения всех потребностей общества и общественного производства.

Свод экономических, экологических, организационных и технических показателей, характеризующих количество и качество природного ресурса, а также состав и категории природопользователей, называется *кадастром*.

Государственные кадастры природных ресурсов ведутся для учета количественных, качественных и иных характеристик, характера и режима их использования. В республике ведутся следующие кадастры: земельный, недр, водный, атмосферного воздуха, лесной, растительного мира, животного мира, торфяного фонда, а также отходов. Следует также выделить кадастр особо охраняемых территорий, содержащий сведения о территориях с особым режимом использования (заповедниках, заказниках, национальных парках).

К кадастрам необходимо отнести *Красную книгу* – список редких и находящихся под угрозой исчезновения видов живых организмов, а также *Зеленую книгу* – свод данных о редких, исчезающих и типичных растительных сообществах, нуждающихся в особой охране.

С технологической точки зрения природные ресурсы принято делить по принадлежности к соответствующим геосферам Земли: *ресурсы литосферы* (почва, полезные ископаемые), *ресурсы гидросферы* (наземные и подземные водоисточники), *ресурсы атмосферы* (атмосфера), *ресурсы органического мира* (растения, животные и человек).

Природные ресурсы по своему качеству могут быть *исчерпаемыми* и *неисчерпаемыми*.

Исчерпаемые ресурсы, в свою очередь, делятся на *возобновляемые*, *невозобновляемые* и *относительно возобновляемые*.

К *возобновляемым природным ресурсам* относятся те природные ресурсы, которые могут возобновляться во времени: растения, животные, человеческая популяция, мир микроорганизмов, атмосферный кислород и некоторые другие. Они возобновляются в результате естественных природных процессов и поддерживаются на относительно постоянном уровне. Состояние этих ресурсов в большой степени зависит от интенсивности и направления хозяйственной деятельности человека.

К *невозобновляемым природным ресурсам* относятся те естественные ресурсы, которые не могут быть восстановлены ни самостоятельно, ни с помощью человека в современной геологической эпохе. Это практически все полезные ископаемые и топливо: нефть, газ, каменный уголь и т. д. Эти виды ресурсов имеют конечные запасы и практически невозполнимы в биосфере, так как уже невозможно воссоздание тех специфических физико-химических условий, при которых они образовались в отдаленные времена.

К *относительно возобновляемым* относятся ресурсы, способные к воспроизводству в темпах, отстающих от темпов потребления. Например, процесс

образования черноземного слоя почвы толщиной в 1 см длится столетия, а разрушается он при традиционной системе земледелия за несколько вегетационных периодов; слой торфа в 1 м образуется за 30-50 лет, а выбирается ковшем экскаватора за считанные секунды.

Неисчерпаемые природные ресурсы – это атмосферный воздух, вода и космические ресурсы, связанные единым круговоротом вещества и энергии. Наиболее уязвимыми считаются атмосферный воздух и вода, так как под действием антропогенных факторов наметились тенденции к их качественному изменению и истощению.

К *космическим ресурсам* относятся энергия Солнца, ветра, приливно-отливных движений воды и морских течений, осадки, глубинная теплота недр. Пока космические ресурсы еще не в столь значительной степени подвергаются антропогенному воздействию и использованию в хозяйственной деятельности человека, как иные естественные ресурсы.

Все природные ресурсы также подразделяются на *реальные и потенциальные*.

Реальные природные ресурсы используются непосредственно в производстве при ныне существующем развитии технологий.

Потенциальные ресурсы – это те, которые в настоящее время недоступны для производственной деятельности, но заведомо будут использоваться со временем по мере развития техники и технологий. Независимо от их принадлежности к какой-либо категории, они в совокупности поддерживают нормальное функционирование экосистем, поэтому также должны рассматриваться как экологические, или ресурсы окружающей среды.

Природные ресурсы, которые реально могут быть вовлечены в хозяйственную деятельность при данных технических и социально-экономических возможностях общества, при условии сохранения среды жизни человека, называются *природно-ресурсным потенциалом*.

По отношению к компонентам биосферы различают *биологические, экологические, геологические, климатические, минеральные, земельные, водные, генетические, растительные, животные, лесные и другие ресурсы*.

По характеру использования природные ресурсы классифицируются на: *промышленные, сельскохозяйственные, минерально-сырьевые, топливно-энергетические, продовольственные, оздоровительные, рекреационные, ландшафтно-курортные* и др. Как видно, строгой границы между категориями ресурсов не существует.

К *основным природным ресурсам* на современном уровне их использования могут быть отнесены *атмосфера, вода и водные экосистемы, земельные и минеральные ресурсы, растительный и животный мир*, а также *человеческая популяция* со своим информационным ресурсом. Они относятся к возобновляемым условно неисчерпаемым природным ресурсам.

7.3. Перспективы использования природных ресурсов

В Республике Беларусь (РБ) Национальной стратегией устойчивого развития предусматривается разработка программ использования имеющихся природных ресурсов на перспективу.

По отношению к ресурсам атмосферы разрабатывается комплекс мер, направленных на экологобезопасное развитие энергетики; снижение вредных выбросов от транспорта; промышленное развитие, обеспечивающее рациональное природопользование; мониторинг трансграничного загрязнения. На ближайшие пять лет не ожидается существенного снижения уровня загрязнения атмосферного воздуха, особенно в городах, поэтому повсеместно будут проводиться адаптационные мероприятия для снижения вредного влияния на окружающую среду и здоровье населения.

Водные ресурсы в перспективе будут использоваться более рационально. С этой целью уже сейчас разрабатывается комплекс мер по внедрению мало- и безводных технологий; снижению общего и бытового водопотребления; более глубокой очистки сточных вод и повторного их использования на производстве.

Следует иметь в виду, что в связи с ожидаемым потеплением в результате глобального изменения климата через 5-10 лет может резко возрасти биопродуктивность озер и водохранилищ, что будет способствовать их зарастанию и вторичному загрязнению. Поэтому на цели питьевого водоснабжения населенных пунктов планируется использовать в основном подземные воды.

Земельный фонд республики будет неизбежно меняться в сторону сокращения продуктивных сельскохозяйственных и увеличения доли лесопокрываемых земель. Для обеспечения продовольственной безопасности республики и охраны плодородных земель необходимо внедрение в производство новых сортов сельскохозяйственных культур, интенсивных технологий выращивания, механизации и автоматизации всех процессов.

С целью оптимизации использования земельных ресурсов необходимо ограничить сельскохозяйственное использование земель и законсервировать низкопродуктивные земли; детально обследовать мелиорированные земли и принять решение по их перспективному использованию; восстановить по возможности болота на выработанных торфяниках; снизить количество полигонов и свалок отходов производства и потребления; снизить уровень загрязнения почв промышленными и транспортными выбросами.

В перспективе в связи с ограниченной возможностью ввоза сырья из-за рубежа предполагается в большей мере использовать отечественные минеральные природные ресурсы.

Потенциальные запасы и экономически целесообразные объемы использования местных энергоресурсов определены Концепцией энергетической безопасности и повышения энергетической независимости РБ и Стратегией развития энергетического потенциала РБ, утвержденной Постановлением Совета министров РБ 06.08.2010 г. № 1180.

По прогнозу на 2020 г., потребность республики в энергоресурсах оценивается в 32,4 млн. т у.т. При этом на долю природного газа будет приходиться

58% (в том числе попутного – 1,3%); топочного мазута – 17,2% (в том числе из собственной нефти – 3,1%); дров – 11,5; торфа – 5,1; угля – 3,4; прочих – 4,8% (в том числе местных – 4,1%).

Состояние растительных и животных ресурсов по-прежнему будет, в основном, определяться воздействием антропогенных факторов среды. Поэтому флора и фауна, с одной стороны, будут обедняться за счет сокращения ареалов или исчезновения ряда видов, но, с другой стороны, обогащаться за счет культивируемых и интродуцированных растений. В будущем произойдет улучшение видового состава лесов. Из-за усыхания ели существенно уменьшатся площади ельников, но увеличатся за счет целенаправленного лесовосстановления посадки дуба, лиственницы и сосны. Достижение оптимального природного состава лесов возможно к 2025 г.

К 2010 г. в лесной фонд было передано до 30 тыс. га выработанных торфяников и 1,2-1,4 тыс. га карьеров. В результате облесения и зарастания ранее безлесных площадей лесистость Беларуси возрастет к 2020 г. до 41-42%. К 2020 г. достигнет спелости более 1 млн. га лесов. Расчетная вырубка леса увеличится к 2020 г. на 70-75%.

Растения и животные будут испытывать влияние климатических изменений, что скажется на их видовом составе.

Трудовые ресурсы к 2020 г. будут, в основном, сосредоточены в крупных промышленных центрах, в связи с чем существенно увеличатся площади территорий с очень низкой (не более 10 чел/км) плотностью населения. Общая численность населения будет продолжать снижаться на фоне его старения. Средняя продолжительность жизни прогнозируется для мужчин 62,7, для женщин – 74,7 года.



Тема 8. АНТРОПОГЕННЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА БИОСФЕРУ

8.1. Виды антропогенных воздействий на окружающую среду

Биосфера, как весьма динамичная планетарная экосистема, во все периоды своего эволюционного развития постоянно изменялась под воздействием различных природных процессов. В результате длительной эволюции биосфера выработала способность к саморегуляции и нейтрализации негативных процессов. Достигалось это посредством сложного механизма круговорота веществ.

Главным событием эволюции биосферы Земли признавалось приспособление организмов к изменившимся внешним условиям путём изменения внутривидовой информации. Гарантом динамической устойчивости биосферы в течение миллиардов лет служила естественная биота в виде сообществ и экосистем в необходимом объёме.

Однако по мере возникновения, совершенствования и распространения новых технологий планетарная экосистема, адаптированная к воздействию природных факторов, всё в большей степени стала испытывать влияние новых небывалых по силе, мощности и разнообразию воздействий. Вызваны они человеческой популяцией, а потому называются антропогенными. *Под антропогенными воздействиями понимают деятельность, связанную с реализацией экономических, военных, рекреационных, культурных и других интересов человечества, вносящую физические, химические, биологические и другие изменения в окружающую природную среду.*

Эколог Б. Коммонер выделял пять, по его мнению, основных видов вмешательства человека в экологические процессы:

- 1) *упрощение экосистемы и разрыв биологических циклов;*
- 2) *концентрация рассеянной энергии в виде теплового загрязнения;*
- 3) *рост числа ядовитых отходов от химических производств;*
- 4) *введение в экосистему новых видов;*
- 5) *появление генетических изменений в организмах.*

Подавляющая часть антропогенных воздействий носит целенаправленный характер, то есть осуществляется человеком сознательно во имя достижения конкретных целей. Существуют и антропогенные воздействия стихийные, непроизвольные, имеющие характер последствий. Например, к этой категории воздействий относятся процессы подтопления территории, возникающие после её застройки, и др.

Нарушения основных систем жизнеобеспечения биосферы связаны в первую очередь с целенаправленными антропогенными воздействиями. По своей природе, глубине и площади распространения, времени действия и характеру приложения они могут быть различными.

Анализ экологических последствий антропогенных воздействий позволяет разделить все их виды на *положительные* и *отрицательные*. К положительным воздействиям человека на биосферу можно отнести воспроизводство природных ресурсов, восстановление запасов подземных вод, полезащитное лесоразделение, рекультивацию земель на месте разработок полезных ископаемых и некоторые другие мероприятия.

Отрицательное воздействие человека на биосферу проявляется в самых разнообразных и масштабных акциях: вырубке леса на больших площадях, истощении запасов пресных подземных вод, засолении и опустынивании земель, резком сокращении численности, а также исчезновении видов живых существ.

Главнейшим и наиболее распространённым видом отрицательного воздействия человека на биосферу является *загрязнение*. Под *загрязнением* понимается *привнесение в окружающую среду новых (обычно нехарактерных для нее) физических, химических, биологических и информационных агентов или техногенное превышение уровня естественных факторов, приводящее к негативным последствиям*.

Загрязнение – это все тела, вещества, процессы, которые появляются «не в том месте, не в то время и не в том количестве, которое естественно для природы».

В более узком смысле материальными загрязнителями – *поллютантами* (от лат. *pollutio* – мараение) считаются отходы и продукты, которые могут оказывать более или менее специфическое негативное влияние на качество среды или непосредственно воздействовать на элементы ее организации. В зависимости от того, какая из сред – атмосфера, гидросфера или литосфера – загрязняется теми или иными веществами, различают *аэрополлютанты*, *гидрополлютанты* и *терраполлютанты*.

С экологической точки зрения все продукты техносферы, не вовлекаемые в биотический круговорот, являются загрязнителями, даже те, которые химически инертны. Продукты производства также со временем становятся загрязнителями, так как рано или поздно становятся отходами потребления.

Загрязнением считается любое нежелательное антропогенное изменение экологической системы. Виды загрязнений приведены на рисунке 8.1.

Загрязнение также может быть *механическим, химическим, осмофорным, биологическим, физическим, биоценоотическим, ландшафтным*

Воздействие человечества на биосферу в целом и на отдельные её компоненты (атмосферу, гидросферу, литосферу, биотические сообщества) достигло к XXI в. беспрецедентных размеров. Современное состояние планеты Земля оценивается как глобальный экологический кризис. Особенно возросли темпы роста ингредиентных и параметрических загрязнителей, причём не только в количественном, но и в качественном отношении. Негативные тенденции этих воздействий на человеческую популяцию и биоту носят не только выраженный локальный, но и глобальный характер.

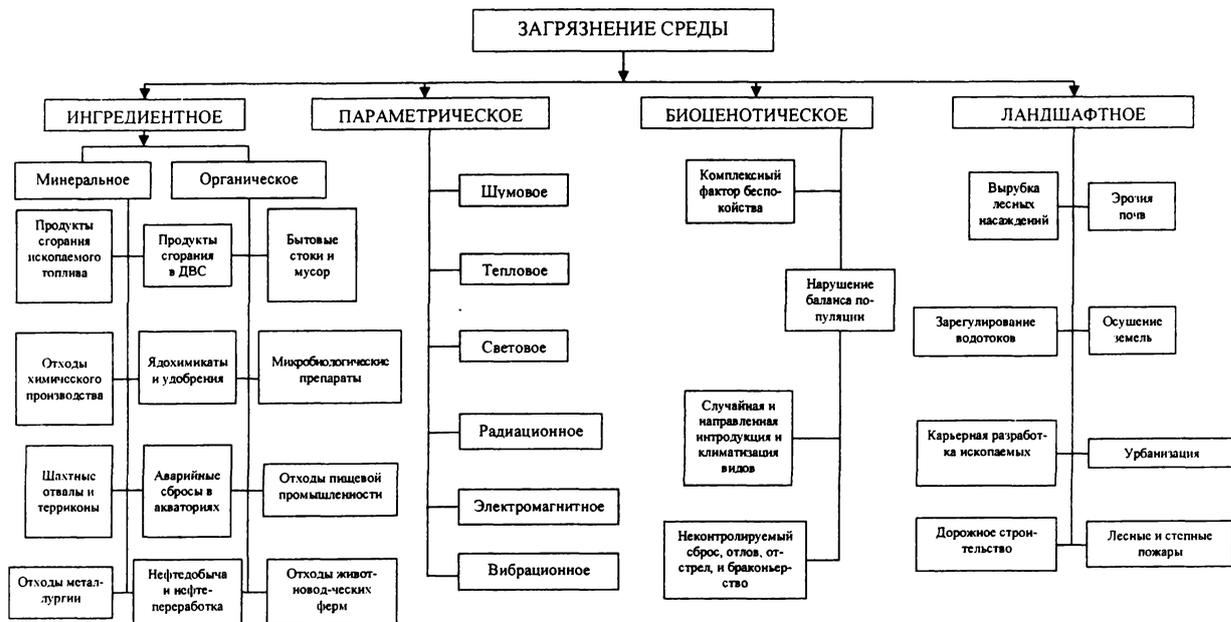


Рисунок 8.1 – Виды загрязнений окружающей среды

8.1.1. Механическое загрязнение окружающей среды

Механическое загрязнение – осуществляется относительно инертными в физико-химическом отношении отходами человеческой деятельности: полимерными материалами в виде разного рода упаковок и тары, отработанными автопокрышками, строительным и бытовым мусором, твердыми отходами промышленного производства, аэрозолями и т. д.

Воздух может загрязняться аэрозолями (пылевидными частицами) и вторичными взвешенными веществами, образующимися в процессах сжигания жидких и газообразных топлив, а также при протекании газофазных и фотохимических реакций в атмосфере. Время жизни частиц аэрозолей в воздухе и степень их воздействия на человека зависят от многих факторов и прежде всего от размера частиц.

В настоящее время в земной атмосфере содержится более 20 млн. т аэрозолей, которые по одной из классификаций условно можно разделить на три группы:

- 1) пыль, представляющая собой твердые частицы, диспергированные в воздухе и образующиеся в процессах дезинтеграции;
- 2) дым – сконденсированные высокодисперсные частицы твердых веществ, возникающие при горении, испарении расплавов, растворов, проведении химических реакций и др.;
- 3) туман – скопление жидких частиц в газообразной среде.

Размер частиц аэрозолей в воздухе колеблется в пределах от 0,01 до 100 мкм. Крупные частицы с размером более 10 мкм быстро осаждаются из атмосферного воздуха, а мелкие, с размером частиц 0,01-0,1 мкм, как правило, выносятся в более высокие слои атмосферы и вымываются из нее с осадками.

Степень воздействия аэрозолей на организм человека зависит от количества (дозы) попавшей в него пыли и определяется ее проникающей способностью (таблица 8.1).

Таблица 8.1 – Проникающая способность аэрозолей в организм человека

Размер частиц, мкм	Проникающая способность
Более 11	Практически не проникают
7-11	Накапливаются в носовой полости
4,7-7	Проникают в горло
3,3-4,7	Проникают в трахею и долевые бронхи
2,1-3,3	Проникают в сегментарные бронхи
1,1-2,1	Накапливаются в глубокой части бронхов
0,65-1,10	Проникают в бронхиолы
0,43-0,65	Проникают в альвеолы легких

Засорение среды является одной из форм механического загрязнения, оно существенно ухудшает эстетические и рекреационные качества среды. К данному виду загрязнения относится и засорение околокосмического пространства. По современным данным, в ближнем космосе уже находится более 3 000 т космического мусора.

Проблема механического загрязнения окружающей среды, и в первую очередь отходами, крайне остро стоит перед всем мировым сообществом. Жизнедеятельность городов и сельскохозяйственных поселений порождает груды мусора, жидких стоков, аэрозолей, которые буквально превратили все структурные уровни биосферы в колоссальную свалку. Ежегодно в мире образуется до 1,0-1,5 млрд. т вредных производственных и 400-450 млн. т коммунальных отходов (КО). На каждого жителя Земли приходится в среднем за год 0,12 т отходов потребления, 1,2 т всех продуктов производства, т. е. «отложенных» отходов, и около 14 т отходов переработки сырья.

Если до 7% промышленных отходов в развитых странах поступает на вторичное использование, то коммунальные отходы и их переработка представляют в настоящее время трудноразрешимую проблему. Ежегодный мировой прирост КО составляет порядка 3%, а в некоторых странах он достигает 10 %.

Мировой опыт показывает, что для захоронения 1 т КО требуется порядка 3 м² площади, поэтому свалки занимают во всем мире сотни тысяч гектаров земель, практически выведенных из сельскохозяйственного оборота. Известно, что для захоронения КО ежегодно требуются все большие площади земель, например, для городов с населением до 350 тыс. человек при высоте складирования отходов 10 м необходимо 5 га; 350-700 тыс. – 10 га; 0,7-1 млн. – 13,5 га; для городов с населением более 1,1 млн. жителей необходимо более 18 га земель.

8.1.2. Химическое загрязнение окружающей среды

Химическое загрязнение формируется в результате изменения естественных химических свойств окружающей среды при поступлении не свойственных ей реакционноспособных химических веществ или же в концентрациях, превышающих фоновые. Наиболее массовыми химическими загрязнителями являются оксиды углерода, серы и азота, углеводороды, соли кислот и щелочей, соединения серы, фтора, фосфора, фенолы и др.

Химические загрязнители по характеру своего воздействия на здоровье людей подразделяются на следующие группы: токсические, раздражающие, сенсибилизирующие, канцерогенные, мутагенные, влияющие на репродуктивную функцию. В настоящее время известно более 3 млн. химических соединений, ежегодно синтезируется более 100 000 новых веществ, в результате этого человечество находится под угрозой воздействия 40-50 тыс. химических соединений разных классов, не свойственных естественным условиям окружающей среды.

Интересно, что и сами люди являются источниками выделения в воздух более 20 загрязняющих веществ – *антропотоксина* (углекислого газа, аммиака, кетонов, сероводорода и др.). В небольших, плохо вентилируемых помещениях (школьных классах, аудиториях, кабинетах и др.), при большом скоплении людей содержание антропотоксина может достигать уровней, допустимых лишь для производственных зданий. Вероятность образования высоких концентраций загрязняющих веществ в воздухе помещений привела к появлению понятия «синдром больных зданий».

8.1.3. Осмофорное загрязнение окружающей среды

Близким по природе к химическому является *осмофорное загрязнение*. Оно осуществляется пахучими веществами (*одорантами*) в таких низких концентрациях, которые не могут оказывать химического резорбтивного воздействия на человека, но могут вызывать рефлекторные реакции организма.

При больших концентрациях одорантов их необходимо рассматривать как химические загрязнители. Реакция организма на осмофорное загрязнение проявляется в ощущении запаха, изменении биоэлектрической активности мозга, световой чувствительности и т. д. Запах – наиболее воспринимаемая форма загрязнения окружающей среды, обнаруживаемая нами при помощи обоняния. Около 50% всех жалоб населения на загрязнение воздуха связано с ощущением неприятных или тяжелых запахов.

Первичной реакцией человека на неприятный запах является ощущение неудобства, беспокойства; вторичные эффекты, связанные с воздействием высоких концентраций одоранта, проявляются в виде рвоты, нарушения сна, учащения пульса, повышения артериального давления, болезненных ощущений со стороны основных органов. Кроме того, влияние неприятных запахов может выражаться в головной боли, состоянии усталости, повышенной сонливости или, наоборот, возбуждении, слюнотечении и пр.

Поэтому понятие «неприятный запах» приобретает определенный санитарно-гигиенический смысл. Около 20% химических веществ обладает неприятным запахом, а количество веществ, распознаваемых по запаху, близко к 100 тысячам.

8.1.4. Биологическое загрязнение окружающей среды

Биологическое загрязнение осуществляется нехарактерными для данной экосистемы живыми организмами и(или) продуктами их жизнедеятельности, которые ухудшают условия существования естественных биотических сообществ или негативно влияют на здоровье человека и результаты его хозяйственной деятельности.

В настоящее время в связи с массовой урбанизацией, значительным увеличением плотности населения в городах, интенсивным развитием фармацевтической, пищевой и особенно микробиологической промышленности все большую роль в загрязнении биосферы играют биологически активные вещества. Основными факторами неблагоприятного воздействия на окружающую среду являются живые и мертвые клетки микроорганизмов (бактерии, вирусы, риккетсии, спирохеты, грибы, простейшие) и продукты их метаболизма. Отрицательное действие их заключается в возникновении и развитии различных аллергических реакций и инфекционных заболеваний. Чаще всего возникают такие заболевания, как аспергиллезы, кандидозы и микозы. Они наиболее опасны для лиц с пониженной сопротивляемостью организма.

Одним из ярких примеров заболеваний, которые могут возникать в «больных зданиях», является так называемая «болезнь легионеров». Впервые она была опи-

сана в 1976 г. в Филадельфии, когда после очередного конгресса организации «Американский легион» из 4 400 его участников 221 человек заболел неизвестной гриппоподобной болезнью, причем 34 из них умерли. Это новое заболевание и получило название «болезни легионеров». Она характеризуется развитием пневмонии, интоксикацией, лихорадкой, а также поражением центральной нервной системы (ЦНС), желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) и почек. Возбудителями болезни являются микроорганизмы – легионеллы, которые сохраняют жизнеспособность при температуре от +4 до +65 °С. С воздухом или загрязненной водой легионеллы попадают в системы кондиционирования воздуха, где и находят благоприятную среду для своего размножения и распространения. Воздух от систем кондиционирования, зараженный легионеллами, поступает в помещения и приводит к массовым заболеваниям находящихся там людей.

Источниками биологического загрязнения также могут быть сооружения биохимической очистки сточных вод предприятий и городов, больницы, поликлиники, свалки коммунальных и промышленных отходов, свиноводческие хозяйства, фермы крупного рогатого скота, птицефабрики и т. д.

Адсорбированные на частичках аэрозолей микроорганизмы могут распространяться на большие расстояния. Исследования показывают, что жизнеспособные клетки микроорганизмов в ряде случаев поднимаются на высоту 3 000 м. Известны случаи биологического загрязнения окружающей среды, приведшие к массовым желудочно-кишечным заболеваниям (сальмонеллезу, гепатиту), внутрибольничным стойким инфекциям. Достоверно доказано, что заболевания детей, проживающих вблизи заводов по производству антибиотиков, в 1,5-3 раза выше средней заболеваемости для данного населенного пункта.

Особенностью многих жилых помещений является высокий уровень биологического загрязнения, что приводит к *аллергизации* проживающих в них людей. В домашней пыли содержатся микроскопические сапрофитные клещи, выделения которых и являются причиной аллергизации человека. Клещи могут жить в постельных принадлежностях, коврах, мягкой мебели, одежде.

В домашней пыли присутствуют также эпидермальные аллергены из шерсти, перхоти и слюны кошек, собак, других домашних животных, пера и экскрементов птиц (голубей, попугаев, канареек и пр.). Высокой сенсибилизирующей активностью обладают хитиновый покров и экскременты тараканов, эпидермис низших рачков дафний, используемых в качестве сухого корма для рыб.

Домашняя пыль является сорбентом и накопителем спор различных плесневых грибов, которые также являются активными аллергенами и приводят к снижению иммунитета организма, бронхиальной астме, аллергическому альвеолиту и другим заболеваниям.

В настоящее время поднимается вопрос об опасности *генетического загрязнения* окружающей среды. Риск этого вида биологического загрязнения, связанного с геной инженерией, становится все более реальным. Высказываются опасения, что искусственно созданные микроорганизмы, попав во внеш-

ную среду, могут вызывать нарушения равновесия в природных экосистемах, а также эпидемии неизвестных болезней, с которыми людям будет трудно справиться. Кроме того, вследствие манипуляций с генами может происходить *генетическая эрозия* - потеря части генома и замещение генов или их локусов чужеродным генетическим материалом, попадающим с продуктами генной инженерии, полученными, в частности, на основе генома млекопитающих. Наибольшему риску генетического загрязнения подвержены редкие и исчезающие виды, популяции которых находятся на стадии деградации.

В ряде случаев случайно переселенные в новые экосистемы животные или растения могут приносить большой вред сельскому и лесному хозяйству (макробиологическое загрязнение). Так случилось, например, в Европе с американским колорадским жуком, ставшим здесь массовым вредителем пасленовых культур (картофель, томаты и др.). В свою очередь Европа «отплатила» Америке случайным заносом в дубовые леса непарного шелкопряда, который быстро размножился, найдя здесь свою экологическую нишу, и стал опасным вредителем.

В отдельную группу следует отнести лекарственные загрязнения. Некоторые лекарственные препараты оказывают неблагоприятное воздействие на организм человека даже в терапевтических дозах. Например, такие препараты, как амидопирин, фенацетин запрещены к производству, т.к. являются выраженными канцерогенами. Антибиотики тетрациклинового ряда обладают ототоксическим эффектом. При неправильном подборе дозы они, поражая слуховой нерв, вызывают глухоту у новорожденных. Кроме того, многие антибиотики нарушают биоценоз кишечника и других внутренних сред организма, вызывая дисбактериозы и кандидозы.

8.1.5. Физическое загрязнение окружающей среды

Физические виды загрязнения окружающей среды – радиоактивное, акустическое, вибрационное, электромагнитное, тепловое и световое загрязнения.

Радиоактивное загрязнение – это физическое загрязнение, связанное с повышением естественного радиоактивного фона и уровня содержания в среде радиоактивных элементов и веществ. При наличии радиоактивных веществ оно может рассматриваться и как химическое загрязнение. Основными источниками радиоактивного загрязнения среды являются испытания ядерного оружия, атомные реакторы и установки, предприятия атомной промышленности, технологические, медицинские, научные приборы и оборудование, зола, шлаки и отвалы, содержащие радиоактивные вещества, могильники радиоактивных отходов и т. д.

Активное повышение концентрации радиоактивных веществ в окружающей среде началось приблизительно с 1933 г., года начала планомерных работ по исследованию радиоактивных элементов.

При поглощении ионизирующего излучения радиоактивных веществ в организме наблюдаются разнообразные морфологические и функциональные нарушения, приводящие к развитию острой или хронической формы лучевой болезни, злокачественных новообразований, заболеваниям крови и генетическим изменениям. Кроме того, радиация усиливает воздействие на организм человека химических загрязнителей, таких как углеводороды, оксид углерода и др.

Естественное фоновое облучение создается космическим излучением и естественными радиоактивными веществами, содержащимися в объектах окружающей среды. При этом неустойчивые ядра атомов (нуклиды) самопроизвольно распадаются с образованием атомов других элементов и выделением энергии. Радиоактивные превращения свойственны только отдельным веществам, которые содержат радионуклиды. Распад естественных радионуклидов группы тория, урана, актиния и других сопровождается испусканием особого вида излучения, называемого *радиоактивным*, которое может быть корпускулярным и квантовым. Корпускулярное излучение представляет собой поток α - и β -частиц и нейтронов, а квантовое – γ -квантов и рентгеновского излучения.

С ионизирующими излучениями население в любом месте земного шара встречается ежедневно. Это, прежде всего, естественный радиоактивный фон Земли, который складывается из трех компонентов:

- космического излучения (средняя годовая доза облучения человека 15,1%);
- излучения от содержащихся в почве, строительных материалах, воздухе и воде естественных радиоактивных элементов (68,8%);
- излучения от природных радиоактивных веществ, которые с пищей и водой попадают внутрь организма, фиксируются тканями и сохраняются в теле человека в течение всей его жизни (15,1%);
- другие источники (1%).

Средняя суммарная годовая доза облучения населения от природных источников составляет примерно 2 мЗв, что в основном связано с поступлением радона и трития из грунтов, строительных материалов, воды, природного газа, воздуха. Кроме того, человек встречается с источниками искусственного излучения, включая радионуклиды, широко применяемые в хозяйственной деятельности.

При дозах облучения порядка 0,1 мЗв не наблюдается каких-либо патологических изменений в органах и тканях организма человека. Доза 0,1 Зв определяет допустимое разовое аварийное облучение населения; 0,05 Зв – допустимое облучение медицинского персонала и работников АЭС в нормальных условиях эксплуатации за год; 0,25 Зв – разовое допустимое облучение персонала, работающего с радиоактивными агентами. Доза облучения 1 Зв определяет нижний уровень развития лучевой болезни; 4,5 Зв – неизбежно вызывает тяжелую (летальную) степень лучевой болезни. В настоящее время считается, что общей пожизненной дозой облучения населения на территории Республики Бе-

ларусь является доза 0,35 Зв. Эту дозу составляют все дозы облучения, полученные человеком в течение всей жизни. Например, ежедневный в течение года просмотр всех телепередач обеспечивает дозу 0,01 мЗв, перелет самолетом на расстояние 2 400 км – 0,02-0,05 мЗв; одна процедура флюорографии – 3,7 мЗв; рентгеноскопия зуба – 0,03 мЗв; рентгеноскопия желудка (местная) – 0,336 мЗв.

Акустическое (шумовое) загрязнение характеризуется превышением уровня естественного шумового фона. Шум – одна из форм физического (волнового) загрязнения окружающей среды, адаптация организмов к которому практически невозможна. Наиболее мощными и распространенными источниками шума, особенно в городах, являются автомобильный и рельсовый транспорт, промышленные предприятия, авиация, бытовая техника (холодильники, магнитофоны, радиоприемники и т. д.). На долю транспорта приходится 60-80% всех шумов, проникающих в места пребывания людей. Известно, что в городах уровень шума повышается примерно на 1 дБА в год и за последние 10 лет возрос в мировом масштабе на 10-12 дБА.

Шум является общебиологическим раздражителем и при определенных условиях влияет на все органы и системы. Прежде всего, шум влияет на ЦНС, вызывая у человека чувство нервного напряжения, беспокойства и раздражения, появление невротозов в 30% случаев, головной боли – в 80%. В результате длительного воздействия повышенных уровней шума развиваются сердечно-сосудистые заболевания, прежде всего, сосудистая дистония. Гастрит, язвенная болезнь желудка и двенадцатиперстной кишки, другие хронические заболевания желудочно-кишечного тракта также характерны для лиц, длительное время находящихся в шумной обстановке. Существует достоверная связь между воздействием шума и нарушением обменных процессов в организме, понижением остроты слуха и зрения. В той или иной степени шум оказывает влияние на кору надпочечников, гипофиз, щитовидную железу, половые железы. Шум способствует повышению общей заболеваемости на 10-12%. По мнению ученых, воздействие шума сокращает продолжительность жизни человека в больших городах на 8-12 лет.

Шум обладает *кумулятивным эффектом*, т.е. акустическое раздражение, накапливаясь в организме, все сильнее угнетает нервную систему. Несмотря на кажущуюся привычку к шуму, полная физиолого-биохимическая адаптация человека к шуму невозможна. Это означает, что шум совершает свое разрушительное действие, даже если человек к нему привык и как бы его не замечает.

Неслышимые звуки также могут оказывать вредное воздействие на организм человека. Так, инфразвуки, способные проникать в помещения даже сквозь самые толстые стены, способны влиять на психическую сферу человека, при этом затрудняются все виды интеллектуальной деятельности, ухудшается настроение, появляется ощущение ужаса, растерянности, тревоги, страха. Считается, что именно инфразвуками вызываются многие нервные заболевания жителей городов.

Исследованиями доказано воздействие шума и на растительные организмы. Так, растения близ аэродромов, с которых непрерывно стартуют реактивные самолеты, испытывают угнетение роста и даже отмечается исчезновение отдельных видов.

В целом ряде научных работ показано угнетающее действие шума (около 100 дБ с частотой звука от 31,5 до 90 тыс. Гц) на растения табака, где обнаруживали снижение интенсивности роста листьев, в первую очередь у молодых растений. Привлекает внимание ученых и действие ритмических звуков на растения. Исследования по изучению действия музыки на растения (кукуруза, тыква, петуния, циния, календула), проведенные в 1969 г. американским музыкантом и певицей Д. Ретолэк, показали, что на музыку Баха и индийские музыкальные мелодии растения отзывались положительно. Их габитус, сухой вес биомассы были наибольшими по сравнению с контролем. И, что самое удивительное, их стебли прямо-таки тянулись к источнику этих звуков. В то же время на рок-музыку и непрерывные барабанные ритмы зеленые растения отвечали уменьшением размеров листьев и корней, снижением массы, и все они отклонялись от источника звука, как будто бы хотели уйти от губительного действия музыки.

Растения, подобно людям, на музыку реагируют как целостный живой организм. Их чувствительными «нервными» проводниками, по мнению ряда ученых, являются флэмные пучки, меристема и возбудимые клетки, расположенные в разных частях растения, связанные между собой биоэлектрическими процессами. Вероятно, этот факт – одна из причин сходства реакции на музыку у растений, животных и человека.

Вибрационное загрязнение – один из видов физического загрязнения, связанного с воздействием механических колебаний твердых тел на объекты окружающей среды. Это воздействие может быть *местным* (колебания от ручных инструментов и оборудования, передаваемые к отдельным частям тела) и *общим* (колебания передаются всему организму в целом). Наиболее опасная частота общей вибрации лежит в диапазоне 6-8 Гц, поскольку она совпадает с собственной частотой колебаний внутренних органов человека, в результате сложения этих колебаний могут возникать явления резонанса с нарушением работы органов или даже их разрушением.

Резонансные явления могут происходить с различными частями тела человека при разных частотах. При вертикальной вибрации резонанс органов брюшной полости наблюдается при частотах 4-8 Гц, головы – 25 Гц, при более высоких частотах 30-80 Гц происходит резонанс глазного яблока. Например, в первых полетах американских космонавтов при вибрации с частотой 50 Гц они не могли считывать показания приборов вследствие резонансной вибрации глаз.

Субъективное ощущение человеком вибрации зависит от возраста, общего состояния организма, тренированности, индивидуальной переносимости, эмоциональной устойчивости, нервно-психического статуса, а также от характеристик вибрации (виброскорости, виброускорения, вибросмещения, частоты и амплитуды).

Вибрация вызывает изменение частоты пульса и артериального давления, оказывает влияние на эндокринную систему, вызывает нарушение различных обменных процессов, функций вестибулярного и зрительного аппарата.

Воздействие вибрации на организм человека зависит от амплитуды и частоты колебаний (таблица 8.2).

Таблица 8.2 – Характеристика воздействия вибрации на организм человека

Амплитуда колебаний, мм	Частота, Гц	Результат воздействия
<0,015	Различная	Не оказывает существенного влияния
0,016-0,050	40-50	Нервное возбуждение с депрессией
0,051-0,100	40-50	Изменение в ЦНС, сердце и органах слуха
0,101-0,300	50-150	Возможно общее заболевание
0,101-0,300	150-250	Вибробользнь

Наибольшее количество жалоб на неприятные ощущения и болезненные состояния при вибрационном воздействии предъявляют лица в возрасте от 31 до 40 лет (65,5% от числа обратившихся во врачебные учреждения), что указывает на наличие повышенной виброчувствительности этой возрастной категории населения.

Электромагнитное загрязнение также относится к физическим формам загрязнения окружающей среды и происходит в результате изменения ее электромагнитных свойств, приводящих к глобальным и местным геофизическим аномалиям и изменениям в тонких биологических структурах живых организмов.

Электромагнитный фон планеты определяется в основном электрическими и магнитными полями Земли, атмосферным электричеством, радиоизлучением Солнца и Галактики, а также накладкой на естественный фон полей от искусственных источников (линии электропередачи, радио и телевидение, промышленные высоко- и сверхвысокочастотные установки, антенные поля, системы наземной и спутниковой связи, радиолокации, телеметрии и радионавигации, другие источники). Напряженность электромагнитного поля Земли изменяется в зависимости от расстояния до поверхности планеты: на высоте 0 км она составляет 130 В/м; 0,5 км – 50 В/м; 12 км – 2,5 В/м.

В процессе эволюционного развития все живые организмы на Земле приспособились к определенным природным электромагнитным полям и вынуждены были выработать по отношению к ним не только защитные механизмы, но в той или иной степени включить их в свою жизнедеятельность. Поэтому изменение параметров *электромагнитного поля* (ЭМП) по отношению к естественному может вызвать у живых существ микроорганические сдвиги, которые в ряде случаев перерастают в патологические.

Энергия, поглощенная единицей массы за единицу времени, служит основной дозиметрической оценки – это так называемая *удельная поглощенная мощность*

ность (Вт/кг). Если длина волны соизмерима с размерами облучаемого биологического объекта или отдельных его органов, то наблюдаются явления резонанса и стоячих волн, что приводит к росту электромагнитного поглощения.

Биологический эффект электромагнитного облучения зависит от частоты, продолжительности и интенсивности воздействия, площади облучаемой поверхности, общего состояния здоровья человека и пр. Кроме того, на развитие патологических реакций организма влияют:

- режимы генерации ЭМП, в том числе амплитудная и угловая модуляции;
- факторы внешней среды (температура, влажность, повышенный уровень шума, рентгеновское излучение и др.);
- некоторые другие параметры (возраст человека, образ жизни, состояние здоровья и пр.);
- область тела, подвергаемая облучению.

Наиболее чувствительны к воздействию ЭМП люди с ослабленным здоровьем, в частности, страдающие аллергическими заболеваниями или имеющие склонность к образованию опухолей. Весьма опасно электромагнитное облучение в период эмбриогенеза и в детском возрасте.

В общем случае ЭМП может оказывать на живые организмы тепловое и информационное воздействие.

По мере увеличения поглощенной энергии (или плотности потока энергии воздействующего ЭМП выше 10 мВт/см^2) нарушаются защитные механизмы, регулирующие температуру (термогенный эффект), что приводит к неконтролируемому повышению температуры тела. В этом случае наиболее уязвимы ткани с плохой циркуляцией крови и терморегуляцией (хрусталик глаза, семенные железы, желчный пузырь, участки желудочно-кишечного тракта). При этом появляются головные боли, раздражительность, сонливость, ослабление памяти и хронические поражения (у мужчин – снижение тестостерона в крови, импотенция; у женщин – токсикозы беременности, патология родов).

Многие ученые объясняют влияние ЭМП на людей нарушениями информационно-управленческих процессов в организме, вызывающих перераспределение энергии, запуск хранящихся в организме программ и другим информационным воздействием.

К нетепловым (информационным) эффектам относятся:

1. Изменение ионной проницаемости клеточных мембран под действием слабоинтенсивных ЭМП, что может вызывать раковые заболевания, в частности лейкемию (рак крови).

2. Неблагоприятное воздействие слабоинтенсивных ЭМП на ЦНС. Различают три степени воздействия: легкую, которая характеризуется начальным проявлением астенического и нейроциркулярного синдромов; среднюю, когда симптомы указанных синдромов усилены и сочетаются с начальными проявлениями эндокринных нарушений; тяжелую, при которой усилена симптоматика нарушений функций центральной нервной, сердечно-сосудистой и эндокринной систем человека и появляются разнообразные психические отклонения.

3. Влияние на сердечно-сосудистую систему, в том числе снижение артериального давления и замедление ритма сердца (брадикардия).

4. Демодулирующее действие. Наблюдались изменения электроэнцефалограмм и электрокардиограмм под воздействием высокочастотного излучения.

ЭМП радиочастотного диапазона могут вызывать в организме человека изменения со стороны нервной, сердечно-сосудистой, дыхательной и пищеварительной систем, крови, обмена веществ и некоторых функций эндокринных желез. Биологическое действие ЭМП радиочастот зависит от частоты колебания волны. С повышением частоты, т. е. уменьшением длины волны, биологическое действие ЭМП становится более выраженным. Так, ЭМП длинных волн отличаются менее интенсивным воздействием на организм, чем коротких и ультракоротких.

Напряженность ЭМП вблизи линий электропередачи напряжением 500 кВ составляет 7,6-8,0 кВ/м, 750 кВ – 10-15 кВ/м. Неблагоприятные воздействия на организм могут проявляться уже при напряжении 1 000 В/м. При длительном воздействии СВЧ-излучений отмечаются изменения в формуле крови, помутнение хрусталика глаза (катаральные явления), трофические изменения (выпадение волос, ломкость ногтей, возрастание злокачественных новообразований, потеря массы тела и пр.).

Влияние ЭМП на организм, прежде всего, проявляется со стороны ЦНС. Психоневрологические симптомы выражаются постоянной головной болью, повышенной утомляемостью, ослаблением памяти, побледнением кожных покровов, анемией и обморочными состояниями. Еще в 1986 г. суд американского штата Техас обязал электрическую компанию г. Хьюстона выплатить 25 млн. долларов в качестве возмещения за ущерб, причиненный частной школе. На основании научных данных, суд сделал вывод: высоковольтная линия электропередачи, проходящая над территорией школы, создавала угрозу здоровью детей, и потребовал ее переноса вместе с возмещением ущерба здоровью детей.

Тепловое загрязнение является формой физического загрязнения окружающей среды и характеризуется периодическим или длительным повышением температуры среды выше естественного уровня.

Тепловое загрязнение происходит в основном за счет сжигания топлива. Ежегодно в теплоагрегатах планеты сжигается огромное количество ископаемого топлива. Это сопровождается ежегодным выбросом в атмосферу более 22 млрд. т диоксида углерода, свыше 1 млрд. т других твердых, газо- и паробразных соединений и выделением $2 \cdot 10^{20}$ Дж свободной теплоты. Известно, что углекислый газ вместе с оксидами азота, метаном, водяными парами, хлорфторуглеродами (ХФУ), озоном и другими веществами относится к *парниковым газам* – газам, задерживающим инфракрасное (тепловое) излучение Земли и создающим опасность повышения среднегодовых температур у поверхности нашей планеты вследствие так называемого *парникового эффекта*.

Предполагают, что к середине XXI в. содержание углекислого газа в атмосфере удвоится, что неизбежно скажется на глобальном потеплении климата, которое оценивается величиной от 1,5 до 4°C. При этом через юг Европы от Испании до Украины протянется полоса засушливого климата. Но севернее 50 -й широты в Северной Америке и Евразии количество осадков по мере потепления будет возрастать. Темпы опустынивания, ныне составляющие порядка 6 млн. га в год, возрастут как в Азии, так и в Африке.

В настоящее время появились достаточно серьезные основания считать, что источником парниковых газов – диоксида углерода, метана и оксида азота, является не только сжигание ископаемого топлива. Недавно проведенные расчеты показали, что преобладающим источником парниковых газов оказалось нарушение жизнедеятельности микробных сообществ почв Сибири и части Северной Америки, связанное с интенсивной хозяйственной деятельностью в этих регионах, глобальным загрязнением атмосферы и некоторыми другими факторами.

На процесс глобального потепления климата, вероятно, существенное влияние оказывает обнаруженное в 80-х годах прошлого столетия *глобальное потемнение атмосферы*. Оно происходит за счет поступления в атмосферный воздух аэрозолей (сажи, пыли неорганических соединений и др.), образующихся в процессах сжигания любого топлива. Частицы пыли создают в верхних слоях атмосферы экран, который задерживает часть солнечной энергии, поступающей на Землю. Исследования из космоса показывают, что благодаря этому явлению охлаждается поверхность океана в Северном полушарии планеты и других регионах. Это приводит к изменению атмосферных процессов, уже начались засухи в Африке и мощные муссонные наводнения в Азии.

Климатологи предупреждают, что глобальное потемнение атмосферы может привести к двойному усилению глобального потепления со всеми вытекающими последствиями.

Кроме того, американские и британские специалисты пришли к выводу, что климат Земли меняется также за счет повышения влажности воздуха. За последние 30 лет влажность приземного слоя воздуха выросла на 2,2%. По прогнозам экспертов, при общем потеплении климата на 1°C влажность возрастет на 6%. Используя температурные прогнозы Международной комиссии по изменению климата, ученые установили, что к 2100 г. влажность воздуха на планете возрастет на 24%. При повышении влажности ухудшается теплообмен между живыми организмами и окружающей средой, что чревато серьезными последствиями для всей биосферы.

Тепловое загрязнение окружающей среды может приводить не только к глобальным, но и к локальным негативным последствиям. Наиболее ярким примером локального теплового загрязнения атмосферы является тепловое загрязнение крупных городов, где зимой температура в центре города на 3-4°C выше, чем на его окраине. Локальное тепловое загрязнение характерно также для крупных водоемов, куда сбрасываются теплые охлаждающие воды ГРЭС,

крупных предприятий, станций очистки сточных вод городов, что может приводить к серьезным изменениям в биосфере.

Световое загрязнение – это форма физического загрязнения, связанная с периодическим или продолжительным превышением уровня освещенности местности за счет использования источников искусственного света.

Основным источником световой энергии на Земле является Солнце, суммарная радиация которого в средних широтах составляет $4,6 \text{ кДж/см}^2$ в сутки. Приходящая на земную поверхность солнечная радиация создает для ее обитателей определенный световой режим, составляющей которого является прямой и рассеянный свет. Соотношение между ними закономерно изменяется в зависимости от географической широты местности. В полярных районах преобладает рассеянная радиация, составляющая около 70% лучистого потока, а в экваториальных областях она не превышает 30%. Это обусловлено большей проходимостью лучей прямой радиации через более тонкий слой атмосферы.

Экологически значимыми являются следующие параметры света: продолжительность воздействия (долгота дня), интенсивность (в энергетических единицах), качественный состав лучистого потока (спектральный состав). Все живые организмы тонко реагируют на изменение длительности светового воздействия, они способны ощущать совершенно незначительные изменения соотношения светового и темного периодов суток. Эта способность организмов реализована в таком общебиологическом явлении, как *фотопериодизм*, который связан с феноменом биологических часов, образуя легкоприспособляемый механизм регулирования функций организма во времени. Фотопериодизм проявляется в разделении живых существ на две большие группы по времени активности – на дневных и ночных; организмы длинного и короткого дня. Продолжительность светового дня влияет на продолжительность менопаузы для насекомых; сезонность у растений и динамику их роста; развитие зимнего пушного покрова у зверей; цикличность половой активности, плодовитость, миграцию и т. д.

Интенсивность света управляет всей биосферой, влияя на первичное продуцирование органического вещества организмами-продуцентами. Качественные показатели света в экологическом отношении весьма существенны. В зависимости от высоты Солнца над горизонтом прямая радиация содержит от 28 до 43% фотосинтетически активной радиации (ФАР). Значительно больше ее в рассеянном свете, где ФАР достигает 50-60 % при облачном небе, 90% – при безоблачном, главным образом за счет увеличения доли сине-фиолетовых лучей, рассеиваемых атмосферой. В целом примерно половина солнечной энергии, поступающей на поверхность Земли, приходится на ФАР в диапазоне волн 0,38-0,72 мкм. Другая ее половина не поглощается и не ассимилируется в процессе фотосинтеза.

Спектральная область поглощения солнечной радиации зелеными листьями и другими живыми организмами включает ультрафиолетовые, видимые и

инфракрасные лучи. Видимый участок спектра обусловил появление у животных и растений ряда важных приспособлений. У зеленых растений сформировался светопоглощительный комплекс, при помощи которого осуществляется процесс фотосинтеза, возникла яркая окраска цветков; у животных появилось цветовое зрение, окраска покровов и отдельных частей тела.

Световой фактор четко определяет морфологические, физиологические и другие признаки живых организмов, вертикальные и суточные миграции, их поведенческие реакции.

Ультрафиолетовые лучи практически полностью поглощаются первыми слоями клеток покровных тканей и способствуют синтезу в организме витамина D. Однако длительное и мощное воздействие больших доз ультрафиолетового излучения может вызывать разрушение покровных клеток, индуцировать повышенное образование пигмента меланина и способствовать развитию злокачественных новообразований.

Инфракрасные, или тепловые, лучи несут основное количество тепловой энергии. Нагревание организма происходит в основном за счет хорошего поглощения тепловой энергии водой, количество которой в живом организме достаточно велико.

Загрязнение атмосферы выбросами промышленности и автотранспорта привело к значительному изменению интенсивности светового потока, а уничтожение озонового слоя в результате необратимых химических реакций в атмосфере привело к интенсификации ультрафиолетового излучения. Эти явления вызывают глобальные нарушения на всех уровнях биосферы, что будет более подробно рассмотрено в соответствующих главах.

8.1.6. Биоценотическое загрязнение

К *биоценотическому загрязнению*, а точнее, нарушению относят изменение баланса популяции, факторы беспокойства, случайную или направленную интродукцию и акклиматизацию видов, неконтролируемый отлов, отстрел, браконьерство и др.

8.1.7. Ландшафтное загрязнение

Ландшафтное загрязнение связано с вырубкой лесов, регулированием водотоков, карьерной и шахтной разработкой ископаемых, дорожным строительством, эрозией почв, осушением земель, лесными и степными пожарами, урбанизацией и прочими факторами.

8.2. Антропогенные воздействия на атмосферу

8.2.1. Состав и структура атмосферы

Атмосфера – внешняя газовая оболочка Земли, которая простирается в космическое пространство приблизительно на 3000 км. История возникновения и развития атмосферы довольно сложная и продолжительная, она насчиты-

вает близко 3 млрд. лет. За этот период состав и свойства атмосферы неоднократно изменялись, но на протяжении последних 50 млн. лет, как считают ученые, они стабилизировались.

Атмосфера нашей планеты состоит в основном из азота и кислорода, которые в сухом воздухе составляют по объему соответственно 78 и 21%. Кроме того, в состав атмосферы входят углекислый газ, озон, аргон, водород, гелий и некоторые другие газы, а также водяной пар.

Общая масса атмосферы составляет около $5,2 \cdot 10^{12}$ т. Плотность воздуха и атмосферное давление убывают с высотой таким образом, что при увеличении высоты приблизительно на 5 км давление уменьшается вдвое. Относительное количество основных химических компонентов атмосферы с высотой изменяется незначительно.

Атмосфера структурно подразделяется на *тропосферу*, *стратосферу*, *мезосферу*, *термосферу* и *экзосферу*.

Тропосфера – это нижний слой атмосферы, который простирается до высоты 8-10 км в полярных широтах и до 16-18 км в тропиках. Практически вся масса наземных живых организмов существует в тропосфере.

Физические процессы, происходящие в тропосфере, определяют изменения погоды и оказывают основное влияние на климат планеты. К таким процессам относятся поглощение солнечной радиации, влагооборот, циркуляция атмосферы.

Стратосфера простирается до высоты 50-60 км от поверхности суши. Этот слой атмосферы весьма разрежен, в нем с высотой постепенно уменьшается количество кислорода и азота, но увеличивается количество легких газов – водорода, гелия и др. На высоте 20-25 км от поверхности Земли в стратосфере находится озоновый слой, который поглощает и частично отражает губительное ультрафиолетовое излучение Солнца. Озоновый слой в значительной мере влияет на тепловые условия у поверхности Земли и основные физические процессы в тропосфере.

За стратосферой простирается *мезосфера* до высоты 80-85 км. Основным энергетическим процессом в мезосфере является лучистый теплообмен. На нижней границе температура атмосферы составляет примерно 0°C, а на верхней – минус 90°C. Мезосфера выполняет для планеты защитные функции. Из-за плотности структуры, в мезосфере сгорают космические тела, которые в небе заметны как падающие метеориты.

Термосфера простирается, начиная с высоты 80-90 км. Температура в этом слое атмосферы вначале растет до 1 200-1 300°C на высотах 200-300 км, а затем до границы с экзосферой остается почти постоянной.

Самая верхняя, сильно разреженная часть атмосферы, называется *экзосферой*. Температура в этом слое достигает 2 000°C. В экзосфере газы пребывают в атомарном состоянии. Экзосфера постепенно переходит в *межпланетное пространство*.

В составе термосферы и экзосферы выделяют *ионосферу*, которая начинается с высот 50-80 км и простирается до нескольких тысяч километров. Она в основном образована ионами и свободными электронами, продуктами разрушения молекул атмосферных газов под действием ультрафиолетовой и рентгеновской солнечной радиации и космического излучения. Вследствие ионизации газов возникают магнитные бури и свечение, которое на Земле наблюдается в виде *полярного сияния*. Благодаря ионосфере возможно распространение радиоволн на дальние расстояния.

Составляющие атмосферу газы оказывают огромное влияние на живые организмы и биологические процессы, которые происходят на суше и на море:

- кислород, используемый в процессах дыхания и минерализации органического вещества;
- углекислый газ, необходимый для нормального протекания процесса фотосинтеза автотрофных организмов;
- озон, задерживающий смертоносное для всего живого ультрафиолетовое излучение Солнца.

Кислород поступает в атмосферу исключительно в процессе фотосинтеза, в ходе которого ежегодно выделяется около $2 \cdot 10^{11}$ т кислорода. В современной же атмосфере всего содержится $1,2 \cdot 10^{15}$ т кислорода.

Практически вся масса выделяемого автотрофами кислорода расходуется на минерализацию (окисление) органического вещества.

Современная атмосфера содержит всего $2,41 \cdot 10^9$ углекислого газа, что составляет по объему 0,035% атмосферного воздуха. Относительное количество углекислого газа в разных районах земного шара и с высотой меняется незначительно.

Основным источником водяного пара в атмосфере служит испарение с поверхности наземных водоемов и, прежде всего, Мирового океана. Наличие водяного пара в атмосфере создает определенную влажность, что имеет большое значение для жизнедеятельности организмов.

За последние сто лет атмосфера как природный ресурс, претерпела значительные изменения вследствие антропогенного воздействия, что выражается в поступлении огромного количества веществ, являющихся загрязнителями и влияющих на эволюционно сложившиеся физико-химические процессы, происходящие в атмосфере. Антропогенное влияние хозяйственной деятельности приобрело в настоящее время глобальный характер.

В последние годы характерной особенностью атмосферы Северного полушария является дефицит общего содержания озона, особенно в полярных и приполярных областях.

На основании наблюдений показано, что над территорией Республики Беларусь также наблюдается стойкая тенденция снижения содержания озона в атмосфере. Наиболее сильно из года в год это наблюдается в весенне-летние месяцы (май-июнь).

Снижение общего содержания озона в атмосфере сопровождается повышением уровня приземного ультрафиолетового излучения и может негативно отразиться на здоровье населения республики и функционировании экосистем.

Анализ результатов радиационного мониторинга атмосферного воздуха показал, что на территории республики повышенные уровни экспозиционной дозы гамма-излучения фиксируются исключительно в районах, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате аварии на Чернобыльской АЭС, на остальной территории эти уровни сопоставимы с доаварийными.

8.2.2. Климат Республики Беларусь

Климат Республики Беларусь – умеренно континентальный. Среднегодовые температуры воздуха составляют от +4,4 до +7,4°C (с севера на юг).

Самый холодный месяц – январь, самый теплый – июль. В северных, восточных и центральных районах республики весной и осенью часто случаются заморозки. Общая продолжительность периода с температурой воздуха выше +5°C – 180-208 суток.

Зимой чаще дуют юго-западные и западные ветры, летом – северо-западные и западные. Западные воздушные потоки, преобладающие на протяжении всего года, приносят атлантический воздух умеренных широт, что, в основном, и формирует погоду в республике: зимой в связи с перемещением по территории Республики Беларусь морского воздуха Балтики и северных морей повышается температура воздуха, увеличивается его относительная влажность, возникают туманы и атмосферные осадки. Арктический воздух поступает с циклонами, которые продвигаются обычно на восток и юго-восток, они вызывают резкое похолодание, особенно летом, с порывистыми ветрами и переменной облачностью.

Летом распределение температуры воздуха зависит преимущественно от солнечной радиации. Влияние арктических холодных воздушных масс на климат республики уменьшается с мая по июнь и увеличивается к сентябрю.

Тропический воздух распространяется главным образом на юго-восток и обуславливает резкое повышение температуры и сильные оттепели зимой, высокие температуры (до 30-32°C) и сухость воздуха летом.

Вследствие чередования циклонов и антициклонов погода неустойчива, особенно весной и осенью. Максимум ясных дней приходится на март-апрель, а на юго-востоке республики – на июль-сентябрь.

По данным наблюдений за период с 1881 по 2006 г. годовая температура на территории Беларуси медленно возрастает, причем более заметно – за последние два-три десятилетия.

Особенно мощное зимнее потепление началось с 1989 г. Отклонение средней зимней температуры в южной части республики с 1989 по 2000 г. составило около 3°C, а в северной – 3,4°C. Наибольшие положительные отклонения температуры воздуха характерны для первой половины зимы.

В крупных городах происходит более интенсивный рост температуры, чем в окрестностях. Влияние роста городов на величину среднегодового роста температуры (около 1°C за последнее столетие) составило 20-30%. Предполагается, что средняя годовая температура к 2039 г. увеличится приблизительно на 1 °C и на 2°C - к 2040-2065 гг.

Современное потепление на территории Беларуси, как и в целом на планете, имеет антропогенную природу. Несомненное влияние на климат республики оказывает глобальное изменение климата и состояние биосферы на планете. Принято считать, что одним из основных факторов нынешнего потепления является рост концентрации парниковых газов и «малых примесей» в атмосфере, которые, вследствие специфики развития промышленного комплекса республики, поступают в воздух в больших количествах.

Другим антропогенным фактором изменения климата Республики Беларусь является мелиорация, в результате которой коренным образом изменились свойства подстилающих грунтов поверхности территории республики и гидрологический режим подземных и поверхностных вод.

Годовая сумма атмосферных осадков составляет 500-700 мм, суммарная продолжительность выпадения осадков – 1 000-1 400 часов в год. Около 70% осадков выпадает с апреля по октябрь, причем продолжительность их выпадения в осеннее время в 2,5 раза больше, чем в летнее.

Атмосферные осадки могут выпадать в виде дождя, снега, тумана, росы, в которых присутствует вода, являющаяся прекрасным растворителем многих примесей. В их состав входят такие анионы и катионы, как SO_4^{2-} , Cl^- , HNO_3^- , NH_4^+ , Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , H^+ , соотношение которых определяет pH осадков, т.е. их кислотность.

При нормальных условиях чистая дождевая вода содержит растворенный атмосферный диоксид углерода, образующий слабую угольную кислоту. Осадки, имеющие показатель pH ниже 5-6 относятся к кислым и называются *кислотными дождями*.

Основными «виновниками» образования кислотных осадков являются диоксид серы и оксиды азота, которые поступают в окружающую среду в основном в виде промышленных выбросов. Считается, что кислотные осадки на 2/3 обусловлены диоксидом серы и на 1/3 оксидами азота.

В тех районах, где в почвах и воде содержится много щелочных веществ (известняки), кислотные дожди вследствие реакции нейтрализации не наносят столь значительного ущерба, как в тех регионах, где щелочных пород мало или они отсутствуют. Кислотные дожди несут гибель поверхностным водоемам, лесным и сельскохозяйственным угодьям, разрушают почву, высвобождают из связанного состояния токсичные для живых организмов элементы, усиливают коррозию металлов, разрушают здания и сооружения.

8.2.3. Загрязнение атмосферы

Основными источниками загрязнения атмосферного воздуха на территории нашей республики являются: автотранспорт, промышленные предприятия и объекты энергетики.

В 2009 г. от источников загрязнения поступило в атмосферу 1 594,6 тыс. т загрязняющих веществ, причем большая часть от автотранспорта – 1 137,4 тыс. т или 71,3%. Стационарными источниками было выброшено 457,2 тыс. т, или 28,7% от суммарных выбросов, в том числе от технологических, производственных и других источников – 268,1 тыс.т. В атмосферный воздух поступило 189,1 тыс. т загрязняющих веществ от сжигания различных видов топлива (41,4%). В таблице 8.3 приведены данные о валовых выбросах загрязняющих веществ в атмосферный воздух по Республике Беларусь в 2010 г.

Таблица 8.3 – Валовые выбросы загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных и подвижных источников на территории Республики Беларусь

Область, город	Количество загрязняющих веществ, тыс.т. (данные за 2010 г.)						
	Твердые частицы (пыль)	Оксиды углерода	Диоксид серы	Оксиды азота	Углеводороды с НМЛОС*	Прочие	Всего
Брестская	10,9	118,1	11,0	21,7	38,4	1,3	201,4
Витебская	13,4	106,6	45,1	29,1	66,6	3,5	264,3
Гомельская	11,2	107,8	6,8	27,5	37,8	5,3	190,7
Гродненская	11,4	107,8	6,8	21,6	37,8	5,3	190,7
Минская	15,4	170,6	11,4	28,5	53,1	4,2	283,2
г. Минск	7,0	149,5	21,9	23,1	43,0	1,0	245,5
Могилевская	10,9	81,1	12,4	20,3	32,7	3,6	161,0
Всего	80,2	852,4	140,9	171,8	324,5	24,8	1594,6

Примечание – *НМЛОС – неметановые летучие органические соединения.

Следует отметить, что преобладающее количество оксидов углерода (91,2%), углеводородов (66,1%) и оксидов азота (63,9%) поступило в атмосферу от автотранспорта. Кроме того, от автотранспорта в атмосферу поступает бензапирен (0,95 т в год), являющийся чрезвычайно токсичным для живых организмов. Выбросы свинца от автотранспорта практически отсутствуют, поскольку в РБ используется этилированный бензин.

Кроме собственных источников загрязнения окружающей среды, территория республики загрязняется вредными примесями, выбрасываемыми в атмосферный воздух соседними странами (трансграничные выбросы). Доля этих примесей в общем количестве загрязняющих веществ в атмосфере значительно выше, чем вклад собственных источников загрязнения.

Как индикаторы существующей нагрузки на окружающую человека среду в качестве наиболее достоверных показателей могут служить удельные выбросы загрязняющих веществ в атмосферу от всех видов источников. Они рассчитываются либо на единицу площади, либо на душу населения.

В целом для Республики Беларусь в 2009 г. величина удельного валового выброса, рассчитанная на единицу площади, составила 7,7 т/км² (Могилевская область – 5,5, Минская и г. Минск – 13,2, остальные области – 6,1-7,6 т/км²).

Удельные выбросы по основным загрязняющим веществам, рассчитанные для страны в целом, представлены в таблице 8.4.

Таблица 8.4 – Удельные валовые выбросы загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных и подвижных источников на территории Республики Беларусь в 2010 г.

Удельный валовый выброс	SO ₂	NO ₂	CO ₂	Твердые частицы
т/км ²	0,68	0,83	4,11	0,39
т/чел.	0,015	0,018	0,088	0,008

8.2.4. Влияние метеорологических факторов на уровень загрязнения атмосферы

Уровень загрязнения атмосферы определяется концентрацией примесей в приземном слое воздуха (1,5-2,0 м от поверхности земли) и зависит от технологических и метеорологических факторов.

К технологическим факторам относятся: расход газовой смеси, ее температура, концентрация загрязняющих веществ в выбросах, высота источников, сечение устья трубы и др.

К метеорологическим характеристикам и коэффициентам, определяющим условия рассеивания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, относятся: средняя максимальная температура наружного воздуха наиболее жаркого месяца; средняя температура наружного воздуха наиболее холодного месяца года; среднегодовая роза ветров; скорость ветра по средним многолетним данным, повторяемость превышения которой составляет 5%; коэффициент рельефа местности и коэффициент, зависящий от стратификации атмосферы. Эти данные вместе с ориентировочными значениями фоновых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе выдаются Республиканским центром радиационного контроля и мониторинга окружающей среды для расчета рассеивания примесей в воздухе при установлении значений норматива допустимого выброса (НДВ) и границ санитарно-защитной зоны.

Расположение источников загрязнения определяется географическим местоположением в зависимости от широты и долготы местности, а также локальным – в зависимости от рельефа местности (долина, холм и др.) и высоты над уровнем моря.

Направление и скорость ветра в приземном слое атмосферы формируется вращением Земли, рельефом местности, атмосферным давлением и температурным градиентом. Вследствие этого для северного полушария Земли наиболее характерны юго-западные и северо-восточные ветры, а для южного – северо-западные и юго-восточные ветры.

Скорость ветра возрастает с увеличением перепада атмосферного давления. Ветер стремится заполнить разреженные зоны за счет зон повышенного давления, или *антициклонов*. При этом в зонах разрежения возникают восходящие, а в антициклонах – нисходящие потоки воздуха. Наиболее высокие скорости ветра наблюдаются зимой, т.к. этот период характеризуется высокими горизонтальными и вертикальными температурными градиентами и градиентом давления.

На большей части Европы сила ветров ослабевает к концу осени и началу зимы. Скорость воздушного потока у поверхности земли ниже, чем на высоте 500-1000 м (слой трения) вследствие торможения воздушных масс о шероховатости подстилающей поверхности. Профиль скорости ветра изменяется в течение суток. Как правило, днем воздух перемещается тепловыми конвективными потоками вверх. Ночная конвекция намного слабее дневной, поэтому у поверхности земли скорость ветра больше днем, а на высоте – ночью.

Атмосфера является термодинамической системой, в которой вертикальное перемещение масс воздуха при определенных условиях может рассматриваться как адиабатический процесс, т.е. как процесс, протекающий без притока или отдачи теплоты. При этом воздух, поднимающийся вверх, будет охлаждаться, а опускающийся – нагреваться. Это происходит потому, что при подъеме воздуха вверх его объем будет возрастать вследствие уменьшения давления атмосферы, а температура снижаться. При опускании происходит обратное явление – объем уменьшается, а температура возрастает. Изменение при этом температуры составляет примерно $0,6-1^{\circ}\text{C}$ на каждые 100 м вертикального столба воздуха. В этом случае состояние атмосферы называется безразличным (нейтральным). Оно характерно для сухой ясной погоды.

Если температура окружающего воздуха понижается с высотой так, что его вертикальный градиент больше адиабатического (что наблюдается в случае сильного нагрева поверхности Земли), то движущийся снизу объем воздуха получает ускорение. Нагретые конвекционные струи поднимаются вверх, а взамен их вниз опускаются холодные потоки воздуха. Такие условия называются неустойчивыми конвективными.

Если вертикальный температурный градиент воздуха близок к нулю или становится отрицательным (т.е. температура с высотой возрастает), то вертикально поднимающийся объем воздуха оказывается холоднее окружающих масс, и его движение затухает. Такие условия называются устойчивыми инверсионными.

Инверсии температуры могут начинаться от поверхности Земли (*приземная инверсия*) или с некоторой высоты (*приподнятая инверсия*). И в одном и во втором случае они препятствуют перемешиванию воздуха и способствуют накоплению в приземном слое примесей, включая и продукты конденсации влаги в воздухе, образующие туманы, дымку, низкие облака. Таким образом, опасный уровень загрязнения воздуха при инверсии часто сопровождается туманом или дымкой. Влияние температурной инверсии и застоев воздуха на

формирование опасных уровней загрязнения воздуха в приземном слое проявляется по-разному в зависимости от типа источника загрязнения и параметров выброса. Для г. Минска количество дней с приземными инверсиями составляет 150-165 дней в году, с приподнятыми – 80-90 дней.

При низких источниках (трубах) с холодными выбросами наибольшие концентрации примесей в приземном слое создаются при отсутствии ветра или слабом ветре (1-2 м/с) в сочетании с приземной инверсией. При этом максимальное загрязнение воздуха наблюдается непосредственно у источника. Максимальные загрязнения от высоких источников с горячими выбросами создаются при приподнятых инверсиях и наличии под инверсией слоя турбулентного перемешивания воздуха, способствующего переносу примесей от труб вниз. При этом, чем ниже под трубой граница слоя с инверсией температуры, тем сильнее загрязнение воздуха в приземном слое. Максимум загрязнения находится на некотором расстоянии от источника по направлению ветра.

Высокое загрязнение воздуха может образоваться и при отсутствии инверсий и даже тогда, когда в пограничном слое атмосферы (до 1-1,5 км) вертикальный градиент температуры больше 1°C на 100 м высоты. В таких случаях высокое загрязнение воздуха в приземном слое возникает при сильном ветре. Максимум его находится на расстоянии нескольких километров от источника.

Для количественного выражения состояния устойчивости атмосферы используют соотношение вертикального температурного градиента и скорости ветра, т.н. *критерий стратификации атмосферы А*. Этот критерий используется при всех расчетах рассеивания примесей в атмосфере.

Устойчивость атмосферы может быть слабой, умеренной и сильной. Рассеяние примесей в условиях каждого класса устойчивости атмосферы имеет свои особенности, формирующие характерный вид дымовой струи, по которому можно судить о термодинамическом состоянии нижних слоев атмосферы.

Штили и облачность, особенно низкая, сопровождающиеся плотными туманами, часто являются причиной длительных приземных инверсий, которые могут сохраняться в течение многих дней. В связи с этим даже при общем небольшом уровне загрязнения воздуха в городе может образоваться опасная ситуация. В крупных городах концентрации вредных примесей могут достигать критических уровней, что и происходило в разные годы в таких городах, как Лондон, Лос-Анджелес, Нью-Йорк, Токио и других, и вошло в историю под интегральным названием «смог».

Международный термин «смог» является комбинацией английских слов дым – (smoke) и туман – (fog). *Смог (токсический туман) – это опасное атмосферное явление, возникающее при неблагоприятных метеорологических условиях и характеризующееся высокими концентрациями вредных веществ в приземном слое воздуха и низкой видимостью атмосферы*. Существует три типа смога – *восстановительный*, или *смог лондонского типа*; *окислительный*, или *фотохимический*; *смог ледяного типа*.

Восстановительный смог (лондонского типа) – это атмосферное явление, характерное для крупных промышленных центров, представляющее собой смесь дыма, сажи и диоксидов серы и азота на фоне неблагоприятных метеорологических условий. Обычно этот смог достигает максимального уровня рано утром, при температуре около 0°C и высокой влажности. За счет раздражающего действия образующихся азотной и серной кислот на бронхи и дыхательные пути он оказывает прямое отрицательное влияние на здоровье людей. В 1952 и 1962 годах этот смог привел к смерти несколько тысяч человек в Лондоне.

Фотохимический смог – характерен для южных промышленных и крупных административных городов с высокой интенсивностью ультрафиолетовой радиации Солнца. При этом типе смога оксиды азота и углеводороды, содержащиеся в выхлопных газах автотранспорта, под влиянием солнечной радиации образуют оксиданты, в состав которых входят озон, формальдегид, акролеин, органические озониды, органические кислоты, пероксиды (диацетилпероксид, диметилпероксид, пероксиацетилнитрат), большинство из которых более токсично по сравнению с исходными веществами. Фотохимический смог достигает максимального уровня около полудня при температурах 24-32°C и низкой влажности и дополняется нисходящей инверсией. Он вызывает раздражение глаз, нарушает процессы вегетации растений, окисляет резину и обуславливает быстрое ее старение и разрушение, а также имеет неприятный запах. Кроме этого, снижается прозрачность атмосферы, что связано с образованием аэрозолей, одной из составляющих которых является триоксид серы - продукт окисления соответствующего диоксида.

Ледяной смог – опасное атмосферное явление, возникающее в северных широтах при неблагоприятных метеорологических условиях под воздействием мелкодисперсной пыли, оксидов серы и азота, высокой влажности и низкой температуры. В данном случае эффект воздействия на органы дыхания человека аэрозолей кислот усиливается механическим действием мелких кристалликов льда.

Таким образом, на качество атмосферного воздуха существенное влияние оказывают среднегодовые метеорологические характеристики, такие как приземные инверсии, их повторяемость, мощность и интенсивность, скорость и направление ветра, его повторяемость, высота слоя перемещения воздуха над поверхностью Земли, продолжительность туманов и др. Сочетание этих метеорологических характеристик определяет потенциал загрязнения атмосферы.

К *неблагоприятным метеорологическим условиям* (НМУ) относятся туман, штиль, слабый ветер, повышение температуры воздуха в слое атмосферы над источником выбросов, неблагоприятное направление ветра и другие подобные метеорологические условия, способствующие увеличению загрязнения атмосферного воздуха.

При НМУ может сложиться обстановка, способствующая повышению концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе. В этом случае необходимо предпринимать организационные и технические мероприятия по регулированию выбросов загрязнителей в атмосферу.

При неблагоприятных метеорологических условиях природопользователи обязаны производить регулирование выбросов в атмосферу в соответствии с планами мероприятий на период НМУ и Инструкцией о порядке регулирования выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух в период неблагоприятных метеорологических условий, утвержденной Постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь (Министерства ПриООС) от 09.06.2009 г. № 39.

Прогнозы и предупреждения об ожидаемом повышении уровня загрязнения атмосферного воздуха разрабатываются Республиканским центром радиационного контроля и мониторинга окружающей среды и в зависимости от опасности могут быть первой, второй и третьей степени. При получении сообщения соответствующей степени природопользователь должен перейти на один из трех режимов работы, позволяющий сократить концентрацию загрязняющих веществ в приземном слое воздуха на 15-20 % (по 1-му режиму), 20-40 % (по 2-му режиму) и 40-60 % (по 3-му режиму).

Механизм прогнозирования НМУ состоит из расчета параметра P , анализа аэросиноптических данных, прогноза НМУ и составления штормового предупреждения. Параметр P является мерой фонового загрязнения воздуха и изменяется в зависимости от метеоусловий:

$$P = m / n,$$

где m – количество наблюдений в течение дня с концентрациями приоритетных примесей, превышающих среднесезонные в 1,5 раза;

n – общее число наблюдений за концентрацией примесей на всех стационарных постах мониторинга города в течение дня.

Для каждого города имеется перечень приоритетных примесей, по которым рассчитывается параметр P . Например, для г. Минска берутся следующие загрязнители: пыль, диоксиды серы и азота, оксид углерода, фенол, формальдегид, аммиак. Предупреждения составляются при величине фактического параметра $P > 0,3$ и ожидаемых НМУ, способствующих накоплению примесей в атмосфере; затем они передаются разными видами связи по трем степеням опасности, соответствующих трем режимам работы предприятий в условиях НМУ.

Предупреждение первой степени опасности, соответствующее первому режиму работы предприятия, составляется при следующих ожидаемых НМУ (таблица 8.5).

Таблица 8.5 – Неблагоприятные комплексы метеорологических параметров для основных групп источников

Характеристика выбросов	Термическая стратификация нижнего слоя атмосферы	Скорость ветра, м/с		Вид инверсии, ее высота над источником, м
		флюгера	выбросов	
Горячие высокие	Неустойчивая	3-5	6-10	Приподнятая, 100
		4-7	8-14	150-200
		4-6	8-12	300
Холодные высокие	Неустойчивая	1-2	2-4	Приподнятая, 0-200
Низкие	Устойчивая	Штиль южный 2-5	4-10	–

Предупреждение первой степени опасности составляется при фактически наступившем повышенном уровне загрязнения ($P > 0,3$), при этом обнаруживаются концентрации в воздухе одного или нескольких контролируемых веществ выше ПДК.

Предупреждение второй степени опасности, соответствующее второму режиму работы предприятия, составляется в том случае, если ожидаются следующие метеоусловия:

- слой термодинамического перемешивания менее 500 м, но больше высоты источника в сочетании со скоростью ветра близкой к опасной для данного источника;
- туман и штиль (для холодных выбросов);
- туман и скорость ветра больше 2 м/с (для горячих выбросов);
- штиль в сочетании с приземной инверсией (для низких источников).

Предупреждения второй степени опасности составляются при фактически наступившем высоком уровне загрязнения ($P > 0,5$), при этом обнаруживаются концентрации одного или нескольких контролируемых веществ выше 3 ПДК, а также, если после передачи предупреждения первой степени опасности поступающая информация показывает, что принятые меры не обеспечивают необходимое качество атмосферы.

Предупреждение третьей степени опасности, соответствующее третьему режиму работы предприятия, составляется в случае, когда после передачи предупреждения второй степени поступающая информация показывает, что при сохраняющихся метеоусловиях принятые меры не обеспечивают необходимое качество атмосферы, при этом обнаруживаются концентрации в воздухе одного или нескольких вредных веществ выше 5 ПДК.

8.3. Антропогенные воздействия на гидросферу

8.3.1. Состав и свойства ресурсов гидросферы

Гидросфера – прерывистая водная оболочка Земли, расположенная между атмосферой и земной корой и представляющая собой совокупность океанов, морей и водных объектов суши (реки, озера, водохранилища, болота, подземные воды), включая скопления воды в твердой фазе (снежный покров, ледники).

Основная часть воды биосферы сосредоточена в Мировом океане, занимающем около 71% земной поверхности. Его средняя глубина составляет 3 704 м, наибольшая – 11 034 м. Толщина слоя океанической воды в среднем равна 1/3448 части (0,03%) земного диаметра, а масса – $1,5 \cdot 10^{18}$ т, или 0,023% от массы Земли.

Общий объем океанических вод составляет в среднем более 1 300 млн. км³. В ледниках содержится более 24,3 млн. км³ пресной воды. Почти столько же воды содержится в подземных источниках, находящихся на глубине до 2 км. Запас воды в озерах примерно равен 0,28 млн. км³, в атмосфере содержится около 0,014 млн. км³, в живых организмах – порядка 0,001 млн. км³ воды. Общий объем воды в биосфере составляет 1454,4 млн. км³. Пресные воды составляют около 2,5% от всех запасов воды. Остальные воды – соленые, с различной степенью минерализации, непригодные без специальной обработки для промышленного, сельскохозяйственного и хозяйственно-питьевого использования. Запасы воды на нашей планете представлены в таблице 8.6.

Таблица 8.6 – Запасы воды на Земле

Тип воды	Объем, тыс. км ³	Доля мировых запасов, %	
		от общих запасов воды	от запасов пресной воды
Воды Мирового океана	1370000	94,2	-
Подземные воды, в т.ч. зоны активного обмена	60000 4000	4,125 0,3	29,6
Ледники и снежный покров, в т.ч. подземные льды	24000 300	1,65 0,022	68,7 0,86
Воды озер	280	0,019	0,4
Почвенная влага	80	0,0056	0,4
Воды рек	1,2	0,0001	0,004
Вода в живых организмах (биологическая вода)	1,12	0,0001	0,0035
Атмосферная вода	14	0,0096	0,04
Общие запасы воды, в т.ч. пресной воды	1454376,32 36359,41	100 2,53	- 100
в жидком состоянии	8726,26- 14543,76	0,6-1,0	23,7-39,5

Вода как ресурс биосферы выполняет следующие экологические функции:

- является важнейшим минеральным сырьем, главным природным ресурсом потребления (человек использует воду в тысячи раз больше, чем угля или нефти);
- вода – основной механизм осуществления взаимосвязей всех процессов в экосистемах (обмен веществ, тепла, рост биомассы);
- является главным агентом-переносчиком глобальных биоэнергетических экологических циклов;
- вода – это основа существования всех живых организмов;
- водяной пар в атмосфере выполняет функцию мощного фильтра солнечной радиации, а на Земле – нейтрализатора экстремальных температур, регулятора климата;
- вода формирует поверхность Земли, участвует в преобразовании ее ландшафтов, в развитии экзогенных процессов, переносе химических веществ в глубь Земли и на ее поверхности;
- вода – источник газообразного кислорода, выделяемого в процессе фотосинтеза, является донором ионов водорода.

Воды, пригодные для использования в хозяйственной деятельности, называются ресурсами гидросферы.

Ресурсы гидросферы подразделяются на *единовременные стационарные и возобновимые*. Возобновимые ресурсы составляют динамическую (подвижную) часть биосферного круговорота воды, благодаря которому все ресурсы гидросферы возобновляются с определенной скоростью. Если использовать воду в объеме ее возобновления, то источники водных ресурсов могут стать неисчерпаемыми.

Ресурсами гидросферы являются *подземные, поверхностные воды и атмосферные осадки*.

К *подземным водам* относятся: *воды верховодки, грунтовые, межпластовые, артезианские, трещинные и карстовые воды*.

Химический состав подземных вод очень разнообразен. Для них характерно значительное содержание минеральных солей и небольшое, по сравнению с поверхностными водами, содержание органических веществ. В зависимости от состава образующих пород и глубины залегания они изменяются от гидрокарбонатно-кальциевых к сульфатным, сульфатно-натриевых к хлоридно-натриевым, по минерализации – от пресных к рассолам.

Минеральные и термальные подземные воды имеют большое бальнеологическое значение, являются одним из рекреационных элементов природной среды.

Часто поверхностные и подземные воды сообщаются между собой, что значительно влияет на их химический состав. В первую очередь это относится к верховодке и грунтовым водам.

Воды верховодки в районах с повышенной влажностью обычно пресные и содержат много органических веществ, солей железа и кремниевой кислоты. В местах интенсивного испарения влаги верховодка высоко минерализована. Из-за отсутствия водоупорной кровли такая вода легко загрязняется, а поэтому в качестве источника водоснабжения используется лишь в крайних случаях.

Грунтовые воды питаются за счет инфильтрации атмосферных осадков и воды поверхностных водоемов в период ее высокого стояния, а иногда и за счет подземных напорных вод. Состав грунтовых вод определяется в основном источниками их питания. Большая роль в формировании состава этих вод принадлежит испарению. Так, в засушливых районах Средней Азии испарение воды приводит к повышению содержания солей в грунтовых водах до 100-200 г/дм³. Содержание органических веществ в грунтовых водах достигает 8 мг/дм³, а мутность их обычно ничтожна.

Межпластовые безнапорные воды – сравнительно редкая разновидность грунтовых вод, которые встречаются в мощных водоносных пластах, перекрытых несколькими слоями пород, среди которых могут находиться и водоупорные. Эти воды обычно не заполняют всего водопроницаемого слоя, уровень их остается свободным, и давление над ним равно атмосферному.

Особо важное значение для водоснабжения имеют *артезианские пластовые воды*. Они залегают в грунтах между водонепроницаемыми пластами, имеют устойчивый состав, являются наиболее надежными в санитарном отношении и могут использоваться для питьевых целей без всякой обработки. Площадь, занимаемая напорным водоносным пластом, называется *артезианским бассейном*. Источники питания артезианских вод те же, что и грунтовых, однако формируются артезианские воды в течение более длительного времени. Артезианские воды обычно слабо минерализованы.

Трещинные и карстовые воды – вода под землей, накопленная в трещинах скальных пород, а также в крупных полостях и кавернах, появляющихся в результате агрессивного воздействия воды на растворимые горные породы (карстовые воды). В качестве источников водоснабжения эти воды используются редко.

К *поверхностным водам* принадлежат воды открытых водоемов: *рек, озер, морей, каналов, водохранилищ, болот* и пр. Их состав определяется: климатическими, геоморфологическими и антропогенными факторами (рельеф, форма и размер бассейна, фауна, флора); почвенно-геологическими условиями (состояние почвы и пород); агро- и гидротехническими мероприятиями.

Огромное значение для водоснабжения имеют *реки*. Состав примесей речных вод определяется характером питания рек. Различают поверхностное и подземное питание рек. Поверхностное питание обеспечивается выпадением дождей, таянием снега, ледников и т. п., а подземное – главным образом грунтовыми водами (родники, ключи).

Содержание взвешенных веществ в реках изменяется от 2 до 10 000, органических веществ – от 2 до 150, а солей – от 30 до 1500 мг/дм³. Минимальное содержание солей характерно для рек с поверхностным питанием, а максимальное – для рек, источником питания которых являются подземные воды. Содержание солей в каждой из этих групп рек не является постоянным. В период паводков, когда реки пополняются поверхностными водами, содержание солей в них резко падает.

Воды озер по минерализации подразделяются на *пресные, солоноватые и соленые*. Степень минерализации озерной воды зависит не только от климатических условий, но и от наличия у озера стока. Как правило, озера, имеющие сток, пресноводные, содержание минеральных примесей в их воде обычно равно 200-300 мг/дм³. В бессточных озерах минерализация достигает, а иногда и превышает 5 000 мг/дм³. Верхняя граница минерализации воды солоноватых озер составляет 25‰, озера с большим содержанием солей относятся к соленым.

Солесодержание пресных вод составляет до 1‰ (г/кг), солоноватых – 1-25 ‰, соленых – более 25 ‰.

Химический состав *озерных вод* определяется составом воды питающих притоков и подземных вод. Обычно доминирующими являются ионы HCO_3^- , Ca^{2+} и Mg^{2+} ; ионы SO_4^{2-} , Cl^- , Na^+ и K^+ содержатся в малых количествах, имеются и биогенные элементы.

Морские воды (океаны, моря) характеризуются повышенной соленостью. Средняя соленость этих вод – 35 ‰. Наибольшая соленость морской воды в тропических широтах, она достигает 35-37 ‰ (в Красном море и Персидском заливе – до 40‰). Самая соленая вода в Мертвом море – 260 ‰. Соленость Черного моря – 18 ‰, Балтийского – 7 ‰.

Химический состав океанических вод очень схож с составом человеческой крови – в океанической воде содержатся почти все химические элементы, но в различных пропорциях. Доля кислорода, водорода, хлора и натрия составляет 95,5 %.

Качество воды в *каналах* определяется в основном составом вещества водного объекта, из которого она забирается.

В качестве источников водоснабжения часто используют *искусственные водохранилища*, минеральный и органический состав воды в которых зависит от характера их питания.

Болотные воды обычно содержат мало солей, но много органических веществ (в некоторых болотных водах их содержание достигает 850 мг/дм³).

Атмосферные воды – это осадки, выпадающие в виде дождя и снега. Они собираются в искусственных водохранилищах или естественных резервуарах – долинах. Состав таких вод определяется чистотой атмосферы, количеством выпавших осадков, условиями, сопутствующими их выпадению, гидрогеологи-

ческими свойствами грунтов бассейна сбора воды, способом ее накопления и хранения. В безводных и засушливых районах атмосферные осадки используются в качестве источников водоснабжения. В состав атмосферных осадков входят газы (O_2 , CO_2 , N_2 и др.), соли, бактерии и другие вещества. Содержание солей и органических соединений в них обычно невелико.

Состав ресурсов гидросферы непрерывно изменяется. Этому способствуют протекающие в них процессы окисления и восстановления, смешения вод различных источников, выпадения в осадок содержащихся в них солей в результате изменения температуры и давления, осаждения и взмучивания грубодисперсных частиц, ионообмена между осадками и водой, обогащения подземных вод некоторыми микроэлементами вследствие биохимических процессов.

8.3.2. Водные ресурсы Республики Беларусь

Водные ресурсы Республики Беларусь представлены совокупностью рек, озер, водохранилищ, грунтовых и подземных вод. Реки, озера и пруды относятся к возобновляемым водным ресурсам. Формируются водные ресурсы республики в основном за счет атмосферных осадков и перетока поверхностных вод с сопредельных территорий.

В нашей республике зарегистрировано около 21 тыс. рек и ручьев общей протяженностью 90,6 тыс. км. Наиболее крупные реки – это Западная Двина, Днепр, Припять, Виляя и Неман, их общая протяженность на территории республики превышает 500 км. Средняя густота речной сети республики в настоящее время составляет 0,44 км/км².

Общий объем поверхностных водных ресурсов РБ в 2010 г. составил 67,6 км³. Объем собственного стока в республике составляет 34 км³ (57 %). Сток воды с сопредельных территорий сосредоточен преимущественно в крупных реках и составляет 23,9 км³ в год (41 %).

Наиболее обеспечены собственными водными ресурсами северные и северо-западные районы республики, расположенные в бассейнах рек Западной Двины и Немана. Именно здесь сосредоточено почти 45 % общереспубликанского стока (на 1 км² территории приходится почти 200 тыс. км³/год пресной воды).

Объем стока рек в Беларуси, как везде на планете, колеблется в зависимости от количества выпавших осадков в году. В многоводные годы суммарный речной сток республики достигает 96 км³/год, снижаясь в маловодные годы до 36 км³. Местный сток в зависимости от водности года колеблется от 61 до 24 км³/год.

Озер на территории республики зарегистрировано 11 тыс. общей площадью водного зеркала до 2 тыс. км², в них находится приблизительно 6-7 км³ пресной воды.

В настоящее время в республике имеется 153 водохранилища, в которых сосредоточено свыше 3,1 км³ пресной воды. 12 водохранилищ относятся к водохранилищам озерного типа, остальные – руслового и наливного.

На территории Беларуси эксплуатируется свыше 1,5 тыс. прудов, имеющих суммарную площадь зеркала 0,3 тыс. км² и полный водный объем 0,5 км³.

Для всех водоемов республики характерно сезонное регулирование стока: осенне-весеннее его увеличение и летне-зимнее уменьшение.

Прогнозные эксплуатационные ресурсы пресных подземных вод оцениваются в 18,102 км³.

В последнее десятилетие в РБ, как и во всем мире, наметилась тенденция к сокращению собственного стока рек, снижению уровня озер и образованию депрессионных воронок подземных горизонтов. Это связано с увеличением безвозвратных потерь в результате нарушения гидрологического режима на территории республики, изменением климата в сторону аридности (снижения количества осадков) и увеличением водозабора пресных вод на технологические и другие нужды.

На территории республики разведаны небольшие месторождения геотермальных вод. По предварительным данным, наиболее благоприятные условия для образования термальных вод имеются в Припятской впадине. Температура воды в устье скважин составляет 35-50°C. Относительно низкая температура вод, большая глубина залегания (2 000-3 000 м), их высокая минерализация (350-450 г/дм³), низкий дебит скважин (100-150 м³/сут.) сейчас не позволяют рассматривать такие воды в качестве существенного источника энергии. В Брестской области на территории Брестско-Подлясской впадины также обнаружены геотермальные воды с температурой до 40°C. В 2011 г. в пригороде Бреста будет запущена в эксплуатацию первая геотермальная станция тепловой мощностью 1 МВт, энергии которой будет достаточно для отопления большинства теплиц местного тепличного комбината.

В настоящее время все чаще геотермальная энергия с помощью тепловых насосов используется для отопления частных домов. Планируется применять ее для отопления жилого комплекса в микрорайоне Лебяжий в г Минске. Рассчитано, что для пятиэтажного дома потребуется 30-40, а для 12-этажного – 150-200 кВт тепловой энергии.

8.3.3. Использование ресурсов гидросферы

Ресурсы гидросферы используются по следующим направлениям:

- питьевое водопотребление из подземных и поверхностных источников;
- хозяйственно-бытовое, производственное и теплоэнергетическое водопотребление из подземных и поверхностных источников;
- отдых, туризм, спорт;
- животноводство;
- неорошаемое и орошаемое земледелие;
- проточное водопотребление (судоходство, рыбное хозяйство, гидроэнергетика).

Использование водных ресурсов также включает отведение сточных вод на очистные сооружения с последующим сбросом в водоемы и водотоки.

В нашей республике основными водопотребителями являются сельское, жилищно-коммунальное хозяйство и промышленность, причем на хозяйственно-бытовые нужды идет основная масса забираемой воды.

Ежегодное изъятие поверхностных вод для нужд *сельскохозяйственного водопотребления* в общей сложности составляет более 2500 км³, или более 6 % суммарного годового стока рек земного шара. В мировом водопотреблении орошаемое земледелие занимает первое место. Площадь орошаемых земель на планете составляет более 300 млн. га. Количество воды, используемое в течение года на орошение 1 га посевов, в среднем составляет 12-14 тыс. м³.

На втором месте по объему забранной из природных источников воды в мире стоит *промышленное водопотребление*. Его интенсификация связана как с быстрым ростом промышленности, так и с увеличением расхода воды на единицу продукции, например, на производство 1 т синтетического волокна расходуется 2,5-5,0 тыс. м³ воды; 1 т аммиака – около 1 тыс. м³; 1 т синтетического каучука – 2 тыс. м³; на переработку 1 т сырой нефти – 35 м³; для работы ТЭС мощностью 300 тыс. кВт требуется более 300 км³ воды в год.

Валовое потребление пресной воды мировой промышленностью составляет около 400 км³, а ежегодный суммарный безвозвратный расход воды на промышленные нужды оценивается в 40 км³ (10 %).

Бытовое водопользование состоит из хозяйственно-бытового и питьевого водоснабжения.

Для удовлетворения всех хозяйственных нужд в сутки на одного человека (с учетом обеспечения пищевой промышленности и торговых предприятий) необходимо 300 л пресной воды. Расход воды на одного городского жителя в мире составляет приблизительно 150 л/сут., или 55 м³/год, на одного сельского жителя – не более 50 л/сут., или 18 м³/год.

В засушливых странах люди могут позволить себе не более 3,5 л воды в день! Постоянный голод в Африке тоже связан с недостатком живительной влаги. Огромных водных затрат требует сельское хозяйство. Например, чтобы вырастить зерно на одну булку хлеба, необходимо потратить около 1 т воды, чтобы вырастить 1 кг риса – 1,5 т.

В XXI веке в связи с ростом урбанизации мировая норма водопотребления на одного человека увеличилась до 400 л/сут., а ежегодный расход пресной воды составляет порядка 920 км³/год, или 2,5 % полного годового стока всех рек планеты. На цели питьевого водоснабжения обычно забираются подземные воды как наиболее чистые.

По данным ЮНЕП (Программы Организации Объединенных Наций по окружающей среде) уже к 2015 году 60 % населения Земли будут испытывать дефицит пресной воды. К 2050 году процент нуждающихся увеличится до 75 %.

Комплексный учет ежегодных объемов водопотребления и водоотведения ведется в рамках *государственного водного кадастра*.

Водный кадастр – это систематизированный свод сведений о водных объектах, водных ресурсах, водопользователях, режиме качества и использовании воды.

В 2010 г. в РБ на различные нужды было использовано 1337,6 млн. м³ свежей воды, в том числе на хозяйственно-питьевые – 500,9; производственные – 370,8; сельскохозяйственное водоснабжение и орошение – 168,1; прудовое рыбоводство – 350,0 млн. м³. Значительная часть воды (около 896 млн. м³) забирается из подземных горизонтов.

В свою очередь высокий уровень водопотребления предприятий обуславливает образование больших объемов сточных вод.

Объем сточных вод, поступивших в реки РБ в 2010 г., составил 996,6 млн. м³. Из них 60 % приходится на жилищно-коммунальное хозяйство и бытовое обслуживание, на промышленность и сельское хозяйство – 16 и 24 % соответственно.

Несмотря на достаточно мощные запасы пресной воды в РБ, обеспеченность экономики водой питьевого качества составляет не более 67 %, и в настоящее время наметилась тенденция к увеличению дефицита пресной чистой воды.

8.3.4. Загрязнение водных ресурсов

Загрязнение водных ресурсов – это снижение их биологической продуктивности, биосферных функций и экологического значения в результате изменения качества воды.

Качество природной воды определяется по четырем группам показателей:

- *органолептическим* (температура, цветность, прозрачность, мутность, запах, вкус, примеси),
- *химическим* (рН, жесткость, минеральный состав, неорганические и органические примеси),
- *эпидемиологическим* (микробное число, коли-индекс, коли-титр и др.),
- *радиологическим* (общая α - и β -радиоактивность).

Для поверхностных вод определяются более чем 50 показателей качества и наличия ингредиентов, в т. ч. газовый и солевой состав, биогенные компоненты и основные загрязняющие вещества, тяжелые металлы, присутствие которых обусловлено поступлением в водные объекты сточных вод.

Наиболее распространенными и неблагоприятными веществами, загрязняющими поверхностные водоемы РБ, являются: нитритный, нитратный и аммонийный азот, легкоокисляемые органические вещества, нефтепродукты и цинк. По всем этим веществам на протяжении многих лет наблюдается значительное превышение предельно допустимых концентраций (ПДК) в поверхностных и подземных водах.

Качество водных ресурсов в республике отслеживает сеть непрерывного мониторинга состояния природных вод. Стационарная гидрохимическая сеть включает 79 водных объектов (54 реки, 13 озер, 12 водохранилищ) в 93 городах и населенных пунктах. Пробы воды отбираются 7-12 раз в год в зависимости от категории водного объекта.

Анализ данных радиоактивного мониторинга показал, что за период 1991-2010 гг. концентрация цезия-137 в воде контрольных точек значительно ниже допустимой концентрации (ДК) по нормам радиационной безопасности НРБ-2000.

Максимальные накопления радионуклидов находятся в непроточных местах (заводы, прибрежная зона), в донных отложениях, откуда они активно вымываются и транспортируются на взвешенных частицах по руслу рек. По степени радиоактивного загрязнения компоненты водных систем располагаются в следующем порядке: донные отложения > гидробионты > вода.

Определение качественного состава природной воды осуществляется путем расчета *индекса загрязненности вод* (ИЗВ). По индексу загрязненности воды определяется ее класс качества (таблица 8.7).

Таблица 8.7 – Критерии определения класса качества воды

Класс загрязненности воды	Характеристика воды	Индекс загрязнения вод
1	Очень чистая	≤ 0,3
2	Чистая	0,3-1
3	Умеренно загрязненная	1-2,5
4	Загрязненная	2,5-4
5	Грязная	4-6
6	Очень грязная	6-10
7	Чрезвычайно грязная	>10

В последние годы отмечается стойкое увеличение ИЗВ по всем рекам республики, что может свидетельствовать о нарастании скорости вторичного загрязнения и деградации процессов самоочищения водоемов, их трансформации.

Качество подземных вод республики большинства водоносных горизонтов и комплексов соответствует требованиям СанПиНа 10-124 РБ 99.

Источниками загрязнения водных ресурсов являются:

1. Атмосферные воды, содержащие вымываемые из воздуха поллютанты.
2. Городские сточные воды.
3. Промышленные сточные воды, в т.ч. теплые сточные воды предприятий теплоэнергетики.
4. Аварии на судах, промывка резервуаров танкеров, утечка нефти при ее добыче в шельфовой зоне (до 12-15 млн. т нефти в год).
5. Речной сток.
6. Сельское хозяйство и животноводство.

8.4. Антропогенные воздействия на литосферу

8.4.1. Характеристика земельных ресурсов

На каждого жителя планеты в настоящее время в среднем приходится около 1 га пахотных земель, лугов и пастбищ. Эта величина неуклонно сокращается в связи с демографическим взрывом и ежегодным выходом по ряду причин части земельных ресурсов из сельскохозяйственного оборота. Из хозяйственного использования каждый год исключается в среднем 5-7 млн. га угодий различного вида. Пахотные земли в основном расположены в лесостепных и степных зонах планеты.

Земельный фонд РБ по состоянию на 1 января 2010 г. составил 20 759,8 тыс. га, из них сельскохозяйственного назначения – 8926,9 тыс. га, в том числе пахотных – 5516,4 тыс. га.

В республике наблюдается тенденция к сокращению площади сельскохозяйственных земель и пашни. Происходит это вследствие исключения из сельскохозяйственного пользования земель, загрязненных радионуклидами, и низкопродуктивных угодий, зарастания древесно-кустарниковой растительностью и заболачивания мелких участков сельхозугодий, отведения земель под объекты промышленного, жилищного и дорожного строительства и некоторых других причин.

В республике в настоящее время имеется более 22,3 тыс. га земель, нарушенных при добыче полезных ископаемых, торфа и проведении разведочных и строительных работ.

Почвенный покров представляет собой самостоятельную земную оболочку – *педосферу*. По Вернадскому, *почва* – это биокосное тело, состоящее одновременно из живых и косных (неорганических) тел – минералов, воды, воздуха, органических остатков.

Важнейшим свойством почвы является *плодородие*, т.е. способность обеспечивать условия для продуцирования растениями органического вещества. Плодородие почв обусловлено их физическими, химическими и биологическими свойствами.

К *физическим свойствам почвы* относятся механический состав, относительная рыхлость структуры, водопроницаемость, аэрируемость, отсутствие света, малая амплитуда колебания температуры, незначительный объем почвенного воздуха.

Химические свойства почвы обусловлены наличием минеральных веществ, реакцией среды, засоленностью.

Биологические свойства определяются наличием различных живых организмов в пахотном слое почвы.

Почва состоит из хорошо выраженных слоев, обычно различающихся по цвету, которые называются *почвенными горизонтами*. По специфическим свойствам и химическому составу выделяют три основных почвенных горизонта:

- перегнойно-аккумулятивный горизонт – самый верхний, темноокрашенный, богатый гумусом, содержащий основную массу корней растений, почвенных животных и микроорганизмов;

- горизонт вымывания – в нем накапливаются, аккумулируются и преобразуются вещества, поступающие из верхнего горизонта;
- материнская порода – материал ее постепенно преобразуется в почву.

На территории Республики Беларусь выделены следующие основные типы почв: дерново-карбонатные, дерново-подзолистые, дерново-подзолистые заболоченные, дерново-болотные, торфяно-болотные, пойменные дерново- и торфяно-болотные, бурые.

Наиболее широко распространены дерново-подзолистые и дерново-подзолистые заболоченные почвы, составляющие 67,8 % всех почв. Наименьшую площадь занимают дерново-карбонатные почвы, удельный вес которых составляет всего лишь 0,3 %. Распространены они в виде мелких пятен среди массивов дерново-подзолистых почв.

По качеству дерново-карбонатные суглинистые почвы являются лучшими в Беларуси и практически полностью распаханы. Типичные дерново-карбонатные почвы имеют хорошо развитый перегнойный горизонт, который залегает непосредственно на почвообразующей породе.

Дерново-подзолистые почвы характеризуются низким содержанием гумуса, высокой кислотностью и слабой насыщенностью основаниями. Они бедны подвижными формами фосфора и калия, пахотные горизонты обладают неблагоприятными водно-физическими свойствами.

Дерново-подзолистые супесчаные почвы составляют свыше 40,3 % пашни и 35 % сельскохозяйственных угодий республики. Эти почвы в основном встречаются небольшими массивами, но в некоторых областях (Брестская, Гродненская) они занимают значительные площади.

Из вышеизложенного видно, что основная часть сельхозугодий отличается низким плодородием, пахотные земли обладают достаточно высокой кислотностью, испытывают дефицит элементов минерального питания, прежде всего по азоту, обладают неустойчивым воздушно-водным режимом.

8.4.2. Антропогенные нарушения почвенного покрова

Природные условия РБ (относительно большое количество осадков, расчлененный рельеф, а также распаханность территории) способствуют проявлению и развитию процессов антропогенных нарушений почвенного покрова, к которым относятся: *деградация, эрозия, загрязнение, вторичное засоление и заболачивание, отчуждение земель.*

Деградация земель – это процесс снижения качества земель в результате вредного антропогенного и (или) природного воздействия. Деградацией земель охвачено свыше одной трети сельскохозяйственных угодий. Деградация и полное разрушение почвы могут происходить как в результате природных яв-

лений (изменение климата, вулканическая деятельность, ливни, ураганы и т. д.), так и в результате хозяйственной деятельности человека. Одним из процессов деградации является *эрозия почв*.

Эрозия – это процесс разрушения горных пород и почв водными потоками и ветрами. Она может быть плоскостной (поверхностной), струйчатой (линейной) и овражной, а также в виде массовых оползней.

По данным крупномасштабных почвенных исследований, эродированные и эрозионноопасные почвы на сельскохозяйственных землях республики занимают более 4 млн. га. Из этих площадей эродированные почвы составляют соответственно 491,2 тыс. га.

Эрозионные процессы приносят существенный экономический ущерб экономике республики. Многолетние данные Института почвоведения и агрохимии Национальной академии наук РБ свидетельствуют, что с каждого гектара склоновых земель ежегодно смывается до 15 т, а на открытых массивах осушенных торфяников и легких (песчаных) почв переносится ветром до 10 т верхнего плодородного слоя почвы. Ежегодные потери гумуса при этом достигают 180 кг/га, азота – 8-10, фосфора и калия – 5-6 кг/га.

Кроме того, в связи со смывом и выветриванием верхнего плодородного слоя почвы припахиваются и уничтожаются и нижележащие почвенные горизонты, что приводит к резкому ухудшению водно-физических, физико-химических, биологических и агрохимических свойств. Производительная способность в разной степени эродированных почв на 15-50% ниже, чем незеродированных. Недобор урожая сельскохозяйственных культур на них составляет от 12-40% зерновых, 20-60 пропашных, 15-40 льна, 5-30% многолетних трав.

Эрозия наносит большой вред и окружающей среде, так как в результате смыва и выветривания верхнего слоя почв происходит заиление водных объектов республики, в них попадают удобрения, пестициды и другие средства химической защиты сельскохозяйственных растений. Кроме вышеперечисленных факторов, на состояние земельных ресурсов в республике большое влияние оказала интенсивно проводимая в 60-80-х годах прошлого века мелиорация.

Загрязнение почв. Химизация сельского хозяйства, проводящаяся нарастающими темпами, занимает далеко не последнее место в ряду антропогенных факторов, воздействующих на почвы и на природу в целом.

В результате интенсивного использования удобрений в природной среде рассеивается ряд химических элементов, что приводит к загрязнению почв.

Дополнительное внесение минеральных удобрений нередко способствует загрязнению почв тяжелыми и токсическими металлами, которые через корм животных попадают в пищу человека. Таким образом, загрязняющие вещества оказывают и прямое влияние (разрушение и уменьшение урожая), и косвенное (аккумуляция этих веществ в почве, организмах животных и пищевых продуктах).

Пестициды, применяемые в сельском хозяйстве, относятся к различным классам, главным образом, органических соединений (хлорорганические, фосфорорганические, симметричные триазины, гетероциклические соединения и др.)

Они обладают токсичностью не только для вредных организмов, но и человека, животных, несут опасность для окружающей среды. Пестициды неизбежно вызывают глубокие изменения всей экосистемы, в которую они попадают. По совокупности экологических свойств, присущих всем пестицидам, действия их никогда не бывают однозначными, т.к. они обладают широким спектром действия, чрезвычайно токсичны для живых организмов, сохраняются длительное время в окружающей среде. Стабильность пестицидов опасна последствиями, которые еще более усугубляют проблемы, связанные с этим видом загрязнения.

Пестициды распространяются далеко за пределами тех агроэкосистем, где они применяются. Даже в случае использования наименее летучих компонентов более 50% активных веществ в момент воздействия переходит прямо в атмосферу.

В почву пестициды поступают различными путями: при непосредственном внесении их для уничтожения почвообитающих вредителей, сорняков; с протравленными семенами; сносе препаратов при обработке посевов во время вегетации полевых культур; неосторожном выполнении различных операций с химическими препаратами (расфасовка, приготовление рабочих растворов, транспортировка и т.д.); с осадками; оросительными, коллекторно-дренажными и сточными водами; с частицами почвы при ветровой эрозии и т.д.

Пестициды прямо или косвенно влияют на доступность питательных элементов, которые, в свою очередь, воздействуют на персистентность химических средств защиты растений непосредственно химическим способом или изменением микробиологических процессов.

Интенсивным источником загрязнения почвы являются города с развитым транспортно-промышленным комплексом. Содержание загрязняющих веществ в почвах городов изменяется в широких пределах: от значений, близких к фоновым, в районах новостроек до концентраций в десятки раз превышающих фоновые, в зонах влияния промышленных предприятий и в старообжитых районах городов.

Наибольшие зоны техногенного влияния характерны для крупных стационарных источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. Например, ТЭЦ при сжигании 3 млн. т угля в год формирует зону загрязнения площадью до 400 км², причем высокий и опасный уровень выпадения загрязняющих веществ на почву наблюдается на территории 75-120 км. Для ТЭЦ, работающих на мазуте, выпадения ванадия прослеживаются на расстоянии до 15 км в сторону господствующего направления ветра.

Распределение загрязняющих веществ в почвах зависит от биоклиматических, геоморфологических и почвенно-химических условий.

Почвы республики в результате катастрофы на Чернобыльской атомной электростанции оказались в той или иной степени загрязнены радиоактивными элементами. После катастрофы 23 % территории Беларуси с 3 688 населенными

пунктами, в которых на момент аварии проживало более 2 млн. человек, было загрязнено радионуклидами с плотностью более 1 Ки/км² (по цезию-137). На 01.01.2010 г. такие территории составляли 1,2% общей площади страны.

Радиоактивное загрязнение почв распространилось по всем областям республики. Наиболее пострадавшими в этом плане являются Могилевская и Гомельская области.

Загрязнение почв республики носило неравномерный характер. На сравнительно небольших площадях отмечались высокие градиенты загрязнения почв, рядом лежащие участки оставались практически чистыми.

Кроме непосредственного загрязнения почв радионуклидами после катастрофы на ЧАЭС к настоящему времени обнаружено выраженное *вторичное загрязнение почв*. Источником вторичного техногенного загрязнения почв радионуклидами является применение загрязненного навоза и минеральных удобрений, золы после сжигания загрязненного топлива, в основном дров и торфобрикета.

Для полного восстановления функций биосферы после радиоактивного вмешательства требуется не менее двух полных периодов полураспада наиболее долгоживущего радионуклида, выпавшего на почву.

Вторичное засоление (*усиление природного засоления*) развивается при неумеренном поливе орошаемых земель в засушливых районах. Вторичному засолению подвержено 30 % площади орошаемых земель в мире, 18 % – в России. Засоление почв приводит к изменению видового состава, к снижению урожайности сельскохозяйственных культур.

Заболачивание наблюдается в сильно переувлажненных районах (Западно-Сибирская низменность), в зонах вечной мерзлоты. В результате заболачивания ухудшаются агрономические свойства почв, снижается производительность лесов, изменяется видовой состав.

Опустынивание – это процесс необратимого изменения почвы и растительности и снижения биологической продуктивности, который в экстремальных случаях может привести к полному разрушению биосферного потенциала и превращению территории в пустыню.

Всего в мире подвержено опустыниванию более 1 млрд. га практически на всех континентах. Причины опустынивания могут быть как антропогенными, так и природными:

- *длительная засуха;*
- *засоление почв;*
- *снижение уровня подземных вод;*
- *ветровая и водная эрозия;*
- *сведение лесов (вырубка деревьев, кустарников);*
- *перевыпас скота;*
- *интенсивная распашка;*
- *нерациональное водопользование.*

Как правило, к опустыниванию приводит сочетание нескольких факторов, совместное действие которых резко ухудшает экологическую ситуацию.

На территории, подверженной опустыниванию, ухудшаются физические свойства почв, гибнет растительность, заселяются грунтовые воды, резко падает биологическая продуктивность, а следовательно, подрывается и способность экосистем восстанавливаться. «И если эрозию можно назвать недугом ландшафта, то опустынивание – это его смерть» (Доклад ФАО ООН). Процесс этот получил столь широкое распространение, что явился предметом международной программы «Опустынивание».

Отчуждение земель. Почвенный покров необратимо нарушается при строительстве промышленных объектов, городов, дорог, линий связи. Ежегодно в мире при строительстве дорог теряется более 300 тыс. га пахотных земель. Эти потери неизбежны, однако они должны быть сокращены до минимума.

8.4.3. Характеристика минеральных ресурсов литосферы

Полезные ископаемые являются частью национального богатства страны и основой для развития индустрии, включая и саму горнодобывающую промышленность. В РБ выявлено более 10 тысяч месторождений, в которых представлено более 30 видов минерального сырья. Наиболее важными полезными ископаемыми в промышленном отношении являются: *железные руды, строительные материалы, калийные и каменные соли, нефть, торф, подземные пресные и минеральные воды.*

Сейчас уже известны два месторождения железа с общими запасами в 700 млн. т и прогнозными свыше 1,5 млрд. т. На Околовское месторождение (Столбцовский район) приходится 580 млн. т руды. Руды здесь довольно бедные, содержат около 30 % железа и залегают довольно глубоко (240-320 м). Второе месторождение – Новоселковское (Кореличский район) с запасом руды 80 млн. т, залегающей на глубине 150 м. Руды Новоселковского месторождения, кроме железа, содержат также титан и ванадий. По результатам геолого-разведочных работ установлена возможность создания на базе каждого из месторождений мощностей по добыче и обогащению руды в объеме 4 млн. т.

Из других полезных ископаемых, пригодных для промышленного освоения, можно назвать руды, содержащие такие металлы, как медь, цинк, никель, свинец, молибден, ниобий, тантал, бериллий и некоторые другие. Недра республики на удивление богаты редкоземельными металлами.

Известно пять месторождений строительного камня. Крупнейшее месторождение – Микашевичи в Лунинецком районе Брестской области. Запасы его составляют 480 млн. м³. В Глушковичах и Микашевичах действуют мощные карьеры по добыче гранита. Микашевичский дробильно-сортировальный завод (ИТАЛГРАНИТ СООО) ежегодно вырабатывает около 8 млн. м³ щебня.

Имеются значительные запасы каолина, оцениваемые в 26,8 млн. т и залегающие на минимальных глубинах фундамента.

В пределах Припятского прогиба на площади свыше 26 тыс. км² расположен крупнейший в Европе соленосный бассейн. Во многих разрезах мощность соли достигает 2-3 км. Разведаны три месторождения каменной соли, запасы которой практически неисчерпаемы. На Мозырском месторождении уже действует комбинат, который производит каменную соль способом подземного растворения.

Калийные соли распространены на площади около 19 тыс. км². Мощность пластов колеблется от 50 до 2 670 м, средняя мощность запасов соли составляет 980 м. Запасы калийных солей до глубины 1 200 м составляют 20 млрд. т.

С солью связаны месторождения гипса и ангидрита, прогнозные запасы которых оцениваются примерно в 1 млрд. т.

Широко распространены на территории республики меловые породы, однако они расположены на больших глубинах (70-200 м). Встречаются вторичные залежи меловых пород, появившиеся при движениях земной коры в период последнего оледенения. В промышленных масштабах разрабатываются Песковское, Кремненское и Порозовское месторождения.

В восточной части Могилевской области обнаружены карбонатно-кремнеземистые породы – трепелы с дальнейшим использованием их в цементной и других отраслях промышленности. Геологические ресурсы этого сырья оцениваются в 418 млн.т. В месторождениях трепелов обнаружены очень ценные сопутствующие породы – цеолитсодержащие силициты, которые могут применяться в качестве мелиорантов почвы, сорбентов для очистки природных и сточных вод, для производства катализаторов и т.д.

В Столинском и Гомельском районах встречаются мощные залежи кварцевых песков, пригодных для использования в стекольной промышленности и литейном производстве. Залегают кварцевые пески на глубине до 25 м.

Проведенные в 2009 г. геологоразведочные работы позволили выявить 23 месторождения строительного песка, 9 – песчано-гравийной смеси, 2 – керамических глин.

С глауконитово-кварцевыми песками связаны залежи фосфоритов, прогнозные запасы которых оцениваются в 900 млн. т; с четвертичными и палеогеновыми песками – янтарь. К этим же месторождениям приурочены и залежи огнеупорных и тугоплавких глин.

Мстиславское и Лобковичское месторождения фосфоритов выявлены в Мстиславском и Кричевском районах с неглубоким (до 50-80м) залеганием продуктивной толщи. Запасы руды на этих месторождениях составляют около 62 млн. т.

Общие производственные запасы доломита, пригодного для производства воздушной извести, щебня, доломитовой муки, оцениваются более чем в 900 млн. т. Они приурочены к Витебскому и Оршанскому районам, залегают на глубине до 10 м. Мощность доломитовой толщи изменяется от 30 до 80-100 м.

К перспективным видам сырьевых материалов, которые обнаружены в недрах Беларуси, относятся каолины, бентониты, титано-циркониевые породы, диабазы, волластонит, графит, пиррофиллит, глауконит, кремний, золото, некоторые редкие металлы и др.

В республике широко представлены минеральные и промышленные воды. Минеральные воды по своему ионно-солевому составу подразделяются на гидрокарбонатные, сульфатные, хлоридные и сложного состава (гидрокарбонатно-хлоридные, гидрокарбонатно-сульфатные, сульфатно-хлоридные и хлоридно-сульфатные), а по катионному составу – на натриевые и кальциевые. Среди этих вод выделяются минеральные воды, содержащие в повышенных концентрациях биологически активные компоненты, по которым и определяется название вод (сероводородная, железистая, радоновая, бромная, бромно-йодная, борная, фтористая и др.).

Всего на территории республики открыто более 80 месторождений минеральных вод, общие запасы которых составляют более 21000 м³/сут. В настоящее время они широко представлены в торговой сети в качестве столовых, лечебно-столовых и бальнеологических вод, используемых в санаториях страны в лечебных целях.

Более чем в 2 тысячах озер республики, а также под торфяными залежами обнаружены и частично используются сапропели, представляющие собой тонкоструктурные, коллоидные илистые отложения пресноводных водоемов с содержанием не менее 15% органических веществ и различных неорганических компонентов биогенного и привносного характера. Мощность сапропелей в некоторых озерах составляет 20-30 м, а их запасы оцениваются в 3,8 млрд. м³. В Государственный баланс сапропелей включено 85 месторождений с запасами более 75 млн. т. Сапропели используются для производства буровых растворов, питательных грунтов и мелиорантов почв, косметических препаратов, в качестве высокоэффективных органических удобрений, кормовых добавок, в бальнеологии и др.

Программой освоения месторождений полезных ископаемых и развития минерально-сырьевой базы РБ на 2011-2015 гг. и на период до 2020 г., утвержденной Постановлением Совета Министров 04.04.2011 г. № 431, намечено к 2015 г. увеличить добычу калийных солей на 15%, каменной соли – на 82, цементного сырья – на 32, доломита – на 11, строительного камня для производства щебня – на 54, стекольного сырья – на 41, природных строительных материалов – на 58 и торфа – на 115%. Для этого будет создано и введено в эксплуатацию 9 новых горнодобывающих предприятий.

Однако добыча полезных ископаемых сопровождается появлением трудноразрешимых экологических проблем. Для их решения разрабатываются комплексные схемы добычи, транспортировки и использования всех видов мине-

рального сырья; применяются все известные приемы рекультивации нарушенных земель; предполагается максимально полное использование отходов и сопутствующих пород с целью сокращения отвалов и шламохранилищ; восстанавливаются лесные и сельскохозяйственные угодья на обработанных месторождениях; проводятся другие мероприятия.

8.5. Последствия загрязнения биосферы

8.5.1. Экологические кризисы и катастрофы

Причиной экологических кризисов и экологических катастроф является нерациональное природопользование. В XX и XXI вв. масштабы и интенсивность материальной деятельности человечества стали такими, что естественная среда планеты перестала быть практически неисчерпаемым источником сырья и энергии, безмерным поглотителем отходов производства, транспорта, быта и появились явные признаки необратимых деградиционных процессов в биосфере. Экосистемы, формировавшиеся миллионы лет, претерпевают существенные изменения, становятся неустойчивыми на глобальном уровне.

Экологический кризис – это обратимое изменение равновесного состояния природных комплексов. Он характеризуется не столько усилением воздействия человека на природу, сколько резким увеличением влияния измененной людьми природы на общественное развитие. Проявление экологического кризиса нередко называют «эффектом бумеранга».

Из истории человечества известен целый ряд экологических кризисов и революций:

1. Массовое уничтожение (перепромысел) крупных животных (*«кризис консументов»*), связанный с последовавшей за ним *сельскохозяйственной экологической революцией*.

2. Экологический кризис засоления почв и деградиация примитивного поливного земледелия, недостаточность его для растущего народонаселения Земли, что привело к преимущественному развитию неполивного земледелия.

3. Массовое уничтожение и нехватка растительных ресурсов, или *«кризис продуцентов»*, связанный с общим бурным развитием производительных сил общества, вызвавший широкое применение минеральных ресурсов, промышленную, а в дальнейшем и научно-техническую революцию.

4. Современный экологический кризис угрозы глобального загрязнения, при котором редуценты не успевают очищать биосферу от антропогенных продуктов неприродного характера, или ксенобиотиков. Этот кризис называется *«кризисом редуцентов»*, которому соответствует высший этап научно-технической революции – реутилизация продуктов и условное замыкание технологических циклов.

Человек выступает при экологическом кризисе активно действующей стороной. История цивилизации доказывает, что вслед за экологическим кризисом следует революционное изменение во взаимоотношениях общества и природы.

С «кризисом редуцентов» почти одновременно наступают два других экологических напряжения: *термодинамическое (тепловое) и снижение надежности экосистем*. Они связаны с экологическими ограничениями производства энергии в тропосфере и нарушением природного экологического равновесия. Данные экологические кризисы ближайшего будущего могут быть разрешены на основе энергетической и эколого-плановой экологических революций. Первая будет заключаться в максимальной экономии энергии и переходе к источникам, практически не добавляющим теплоту в приземный слой тропосферы (главным образом солнечным), вторая – в регулируемой *коэволюции* в системе «общество – природа».

Экологическая катастрофа – ситуация, которая характеризуется глубокими и часто необратимыми изменениями природной среды, утратой природных ресурсов, резким ухудшением условий проживания населения, вызванными многократным превышением антропогенных нагрузок на природную среду. Отличие экологической катастрофы от экологического кризиса состоит в том, что кризис – это обратимое состояние, где человек выступает активной стороной, а катастрофа – необратимое явление, человек в этом случае – вынужденно пассивная, страдающая сторона.

Уже в настоящее время прямые экологические потери для стран Евросоюза оцениваются в 5 % от ВВП, а в Германии – 7 %. Аналогичные потери США составляют от 4 до 6 % от объема ВВП, а расходы на природоохранные мероприятия достигают 2 % ВВП. В России прямые экологические потери оцениваются в 10 % от ВВП в год, а затраты – не превышают 1 %.

8.5.2. Глобальное и региональное изменение климата

В настоящее время наиболее тревожным последствием загрязнения биосферы является глобальное изменение климата. Индустриализация и экономическое развитие государств (особенно развитых и развивающихся) требует использования огромных объемов природных ресурсов, в частности, органического топлива – нефти, природного газа, угля, горючих сланцев и т. п.

Только за один год на планете сжигается более 9 млрд. т нефтяного эквивалента, при этом в атмосферу с дымовыми газами выбрасывается около 22-24 млрд. т углекислого газа, сотни и десятки миллионов тонн сернистого газа, оксидов азота, углеводородов, соединений тяжелых металлов и многих других загрязняющих веществ. В связи с этим за последнее столетие концентрация углекислого газа в атмосфере возросла с 280 до 360 частей на миллион, что привело к появлению «парникового эффекта», и, как следствие, произошло повышение среднепланетарной температуры у поверхности Земли на 0,5-0,6°С.

Согласно отчету ВМО за 2010 г. концентрация основных парниковых газов – углекислого газа, метана и оксида азота – увеличилась с доиндустриальных времен на 39 %, 158 % и 20 % соответственно. Увеличилось и содержание в атмосфере метана, при этом деятельность человека в настоящее время ответственна за 60 % выбросов этого газа, а остальные 40 % приходятся на природ-

ные источники, такие как водно-болотные территории. В ВМО подчеркивают, что в 2010 г. объем парниковых газов рос быстрее, чем в любой другой аналогичный период за последнее десятилетие.

Наиболее просчитанным последствием глобального изменения климата станет ускорение подъема уровня Мирового океана. Этот процесс, связанный с таянием арктических и антарктических ледников, наблюдается уже в настоящее время.

Согласно документам Рамочной Конвенции ООН об изменении климата (Киото, 1997) сохранение существующих тенденций роста выбросов парниковых газов к 2100 г. может привести к повышению среднегодовых температур нижних слоев атмосферы Земли на 1-3,5°C, что в свою очередь приведет к подъему уровня Мирового океана на 15-95 см. Считается, что за последнее столетие уровень Мирового океана поднялся на 10-12 см, о чем свидетельствует сокращение территорий приморских стран, особенно скандинавских.

На первый взгляд эти прогнозируемые изменения могут показаться незначительными. На самом же деле они способны повлечь за собой массу негативных последствий.

Известно, что в настоящее время около половины человечества проживает в наиболее уязвимых прибрежных зонах Мирового океана. Поэтому грядущее повышение его уровня заставит десятки миллионов людей, проживающих в Голландии, Бангладеш, на Карибских островах и многих других государствах, покинуть обжитые места и искать пристанище на других, менее благоприятных для жизни территориях. При этом в первую очередь пострадают люди беднейших стран мира, практически лишенные возможности защитить себя от надвигающихся изменений.

Глобальное потепление повлияет на все экологические системы планеты, которые не успеют за такое короткое время приспособиться к быстрому изменению климата, режиму осадков, к измененному вегетационному периоду развития растений и др. При этом разнообразие земной биосферы значительно сократится в связи с гибелью тысяч видов. Освободившиеся экологические ниши займут другие, как правило, менее ценные и даже вредные паразитические виды. Инфекционные болезни, которые в настоящее время находятся под контролем (малярия, холера, тиф, лихорадки разной этиологии и т. д.), могут достичь уровня эпидемий. Во многих развивающихся странах, расположенных в засушливых и полусушливых районах, усилится проблема доступа населения к безопасной питьевой воде. Дефицит воды, ее загрязнение, загрязнение воздушного бассейна станут еще заметнее. В прибрежных зонах повысится опасность наводнений и штормов, их масштаб и мощность будут возрастать.

Глобальное потепление сопровождается активным наступлением пустынь. При сохранении нынешних тенденций через 10 лет этот процесс скажется на жизни трети населения планеты. Ежегодный ущерб от наступления пустынь эксперты

уже сейчас оценивают примерно в 65 млрд. долларов США. Особо опасно наступление пустынь развивается к югу от Сахары, в Китае, западной Азии, южной Америке. Это явление отмечено более чем в сотне стран, от него уже сейчас страдают более 200 млн. человек. Около 50 млн. из них через 10 лет будут вынуждены покинуть свои жилища, поскольку исчезновение плодородных земель лишит этих людей средств к существованию.

Как показывают наблюдения, глобальное потепление сопровождается дополнительной эмиссией парниковых газов из арктической тундры, лесов и океанов, что ускоряет процесс изменения климата по сравнению с прогнозируемой современными климатическими моделями.

Изменение характеристик океанских течений также усиливает скорость трансформации климата. Изменение потока течения Гольфстрим уже стало причиной существенного похолодания в Северной Атлантике и особенно в Европе.

Повышение среднегодовой температуры на планете более всего заметно на территории Европы, где объем осадков увеличился в северной половине и уменьшился в южной. Вероятно, к 2100 г. могут исчезнуть до 95 % ледников Альпийских гор. Зонами повышенного риска могут стать прибрежные территории Голландии, Германии, России, Украины и других стран. Возрастет частота стихийных бедствий – засух, наводнений, штормов, ураганов и т. д.

Несмотря на то, что РБ расположена в центре Европы, достаточно далеко от прибрежных зон, за последнее столетие среднегодовая температура возросла на всей территории республики на 0,5-1°C.

В летний период в республике наблюдается незначительное снижение средней температуры на 0,1-0,3°C в северных районах. В этих же районах происходит возрастание осадков до 100 мм в год (около 20 % от нормы). В южных районах республики годовое количество осадков снижается и наблюдается тенденция к засушливости. За последние десятилетия возросло и количество экстремальных климатических аномалий (засухи, заморозки, град, ураганы, ливни). В частности, за последние 30 лет средняя скорость ветра на территории республики снизилась, но увеличилось количество ливней и шквалов с сильным ветром. Ежегодно регистрируется от 10 до 30 опасных гидрометеорологических явлений разного характера. Наибольший ущерб экономике приносят жара, засуха, сильные шквалы ветра, особенно в сочетании с градом и сильными ливнями.

Таким образом, прогнозируемый сценарий изменения температуры является относительно благоприятным для энергетики и сельского хозяйства республики. В частности, более ранние сроки сева благодаря теплой весне приведут к увеличению вегетационного периода сельскохозяйственных растений и, следовательно, к повышению их продуктивности из-за более полной утилизации возросших тепловых ресурсов. Появится возможность внедрять позднеспелые и, как правило, более урожайные сорта.

8.5.3. Истощение озонового слоя

В начале 80-х годов прошлого века английские и японские ученые выяснили, что с конца 70-х годов над Антарктикой непрерывно истощается озоносфера – слой атмосферного озона. Наземные и спутниковые измерения обнаружили своего рода «озоновую дыру» площадью более 10 млн. км², в которой содержание озона в столбе воздуха было на 30-50% меньше нормы. Уменьшение содержания озона заметнее всего на высотах 15-25 км. Позднее выяснилось, что озона в атмосфере становится все меньше и меньше также в средних и высоких широтах Северного полушария зимой и весной (январь-март), особенно над Европой, США, Тихим океаном, европейской частью России, Восточной Сибирью и Японией. В нижней стратосфере (10-25 км), где озона больше всего, главную роль в сезонных и более длительных изменениях его концентрации играют процессы переноса воздушных масс. Содержание озона в этих слоях определяют химический состав атмосферы и долговременные (с периодом более 10 лет) вариации процессов переноса.

Озон образуется в верхних слоях стратосферы на высоте 40-50 км в результате фотохимических реакций с участием кислорода, азота, водорода и хлора. Если весь атмосферный озон привести к нормальным условиям земной поверхности, то средняя толщина озонового слоя не превысит 3 мм. Однако жизнь на Земле немыслима без озонового слоя, предохраняющего все живое от вредного коротковолнового ультрафиолетового излучения Солнца. Исчезновение озоносферы привело бы к непредсказуемым последствиям – уничтожению планктона в океане, мутациям растительного и животного мира, вспышкам разных заболеваний. Известно, что уменьшение концентрации озона в атмосфере только на 1 % приводит к повышению заболеваемости раком кожи на 2-7 %. Если темпы разрушения озона будут сохраняться и далее, то к середине XXI в. число заболеваний раком кожи достигнет десятков миллионов в год. Кроме того, озоновый слой предопределяет тепловой режим и динамику атмосферы.

Разрушение озона происходит в результате его взаимодействия, скорее всего, с выбрасываемыми в атмосферу веществами, содержащими фтор, хлор и другие галогены, которые используются в различных отраслях промышленности. Известны и другие пути поступления активных разрушителей озона в стратосферу – ядерные взрывы в атмосфере, выбросы высотных сверхзвуковых самолетов, запуски ракет и космических кораблей многоразового использования и т.п.

Для предотвращения разрушения озонового слоя необходимо отказаться от использования озоноразрушающих веществ в хозяйственной деятельности. Для этого в 1985 г. была принята Венская конвенция о защите озонового слоя, а в 1987 г. – Монреальский протокол о мерах по защите озонового слоя, требовавший сначала сократить производство и использование хлорсодержащих хладагентов, а затем и совершенно изъять их из употребления.

Однако уже в настоящее время очевидно, что, рассматривая проблемы истощения озонового слоя и изменения климата Земли, необходимо учитывать не только действие антропогенных факторов, но и долговременные естественные изменения во взаимодействующей системе «литосфера (ядро и мантия Земли) – гидросфера (океан) – атмосфера». В последнее время все чаще высказываются предположения о том, что процессы, протекающие в ядре и мантии Земли, влияют на скорость вращения Земли вокруг своей оси и таким образом изменяют «поведение» таких течений, как Эль-Ниньо, Куроисио и Гольфстрим. Эти течения Мирового океана могут заметно воздействовать на климат планеты и приводить к нарушению озонового слоя в атмосфере.

8.5.4. Демографический кризис

Численность человечества с начала 2000 г. ежегодно увеличивается на 90 млн. человек и в 2011 г. достигла 7 млрд. человек. По оптимистическим оценкам, к 2150 г. население Земли достигнет 11,6 млрд. человек.

В современном мировом народонаселении доля женщин составляет 49,7% с колебаниями в разных странах от 48 до 53 %. Средняя продолжительность жизни людей – 63,8 года, в том числе мужчин – 61,8 (от 41 до 79 лет в разных странах), женщин – 65,9 (от 42 до 82 лет).

В возрастной структуре населения мира дети в возрасте до 14 лет занимают 32 %, люди в возрасте 15-64 лет – 61 % и люди старше 64 лет – 6 %.

Усредненная по полу и возрасту масса тела современного человека составляет 52,8 кг. Продолжительность жизни людей в среднем в 2-2,5 раза превышает естественную продолжительность жизни млекопитающих животных с такой же массой тела.

Согласно экспертным оценкам популяции первобытных людей, одновременно проживавших на Земле 1 млн. лет назад, насчитывали 100 тыс., 30-20 тыс. лет назад – примерно 5 млн. Демографическая емкость нашей планеты большинством экологов оценивается в 1,0-1,5 млрд. человек (при идеальных общественно-экологических условиях). Сегодня Земля, по оценкам специалистов, перенаселена не менее чем в 3 раза. Однако рост населения, по-видимому, будет продолжаться, так как пищевые ресурсы, вопреки регионально существующему голоду и недоеданию, достаточны для жизни более 15 млрд. человек.

На протяжении многих веков народонаселение мира росло чрезвычайно медленно – до 7 человек на 10 тыс. за год (рис. 4.9). Начиная с эпохи географических открытий (конец XV – начало XVI в.) рост населения становится экспоненциальным, а затем нарастание числа людей на Земле, прослеженное уже на основании достаточно достоверных документальных данных, приобрело гиперболический характер.

Быстрое увеличение численности человечества во второй половине XX в. называют *демографическим взрывом*. За 50 лет (1949-1999 гг.) народонаселение

мира увеличилось почти в 2,5 раза – с 2,463 млрд. до 6,01 млрд. человек, а прирост за последние 100 лет составляет $\frac{3}{4}$ от современного числа людей на Земле. Значительное ускорение роста народонаселения вызвано, в основном, снижением смертности людей от эпидемий и голода. В XX в. к этим факторам добавилось резкое снижение детской смертности в развивающихся странах, связанное с улучшением гигиенических условий и успехами медицины.

В 1990-1995 гг. общий коэффициент рождаемости в мире снизился до 24,6 ‰, общий коэффициент смертности составил 9,8 ‰, коэффициент естественного прироста – 14,8 ‰.

Примерно такие же параметры воспроизводства населения сохраняются и в настоящее время. Это означает, что в среднем каждую минуту на Земле появляется 320 младенцев, а умирает 110 человек разного возраста. Каждые сутки число землян возрастает на 230 тыс. человек.

Основной вклад в лавинообразный рост численности народонаселения вносят Латинская Америка, Австралия и Океания, Африка, государства бывшего СССР, Индия, Китай и другие страны Азии. По абсолютной численности самый большой прирост дали Китай, Индия и Индонезия. Наибольшая скорость роста населения наблюдается в Африке и Латинской Америке. В некоторых африканских странах относительный прирост доходит в настоящее время до 4 ‰ в год.

Для многих европейских стран в настоящее время характерна стадия демографического перехода к стабилизации численности населения.

Демографический переход представляет собой последовательную смену типов воспроизводства населения, ведущую к стабилизации его численности. В нем можно выделить четыре фазы:

- первая характеризуется тем, что смертность и рождаемость быстро снижаются, но падение коэффициента смертности опережает падение коэффициента рождаемости, и поэтому прирост населения продолжает увеличиваться, достигая наибольшего значения. Такая ситуация сложилась во многих развивающихся странах, развитые страны прошли эту стадию еще к середине XX в.;
- во второй фазе смертность достигает минимума и больше не снижается, но рождаемость продолжает падать, из-за чего прирост населения замедляется;
- третья фаза характеризуется повышением коэффициента смертности, обусловленным старением населения, и одновременно замедлением падения рождаемости. К концу третьей фазы коэффициент рождаемости приближается к уровню простого воспроизводства населения, а коэффициент смертности остается ниже этого уровня, так как возрастная структура населения еще не стабилизировалась. К этой фазе близки экономически развитые страны;
- в четвертой фазе коэффициент смертности сближается с коэффициентом рождаемости, и процесс демографической стабилизации заканчивается.

Демографический переход для планеты в целом может произойти по современным прогнозам не ранее середины XXI в., когда популяция людей может достигнуть 12 млрд. человек. Десятикратное превышение оптимума численности населения в соответствии с емкостью Земли чревато включением так называемых экологических факторов, зависящих от плотности населения.

Высокая численность населения и его подвижность способствуют распространению опасных для здоровья и жизни людей болезней. Теоретически вероятны шквалы заболеваний, например, пандемии гриппа, неконтролируемое лавинообразное распространение ВИЧ-инфекции и др. Многие специалисты отмечают, что, чем выше будет численность и плотность населения, хуже состояние общего здоровья, тем катастрофичнее будут последствия эпидемий и пандемий.

Поэтому многие страны Азии и Африки уже сейчас реализуют программы ограничения рождаемости, осуществляя «планирование семьи».

Демографический кризис является одним из факторов экологического кризиса. Само по себе 10 000-кратное превышение нормальной численности наиболее крупного на планете консумента (потребителя), каковым является человек, не может не сказываться на биотическом равновесии и конкурентных взаимоотношениях в природе. Физическая масса проживающих на планете людей (более 300 млн. т) составляет 1/20 массы всех сухопутных животных и не менее 1/2 массы всех млекопитающих. Человечество съедает за один год около 1 млрд. т пищи – это большая часть того продовольственного ресурса, что в природе образуется для конечных консументов.

Таким образом, современные популяции людей обладают такими особенностями, которые полностью исключают их включение в естественные биоценозы.

Однако воздействие вида *Homo sapiens* на окружающую среду, как нам известно, не ограничивается биотическим влиянием. Современным обществом в производство и потребление вовлекается такое количество вещества и энергии, которое в сотни раз превосходит чисто биологические потребности человека. И хотя каждому из нас сегодня нужно не настолько больше, чем нашему далекому предку, еды, одежды и защиты от внешних сил, инфраструктура цивилизации, ее экономика многократно увеличивает потребление и деградацию природных ресурсов, приходящихся на одного человека.

Поэтому основной причиной современного экологического кризиса является чрезмерный уровень и постоянное нарастание совокупной антропогенной нагрузки на биосферу с целью обеспечения все большего комфорта проживания на планете одного вида. Качественно это выражается в том, что преобладающая масса веществ и материалов, которые вовлекаются обществом в производство и потребление, а затем попадают в окружающую среду, не может быть утилизирована в естественном биотическом круговороте, а оказывается для него загрязнителем, содержащим активные ингибиторы этого процесса. В результате

массового попадания продуктов жизнедеятельности цивилизации в окружающую природную среду ломаются все механизмы, создающие в ней равновесие процессов. Система буквально идет «вразнос», и каждый ее элемент рано или поздно разрушается (таблица 8.8).

Таблица 8.8 – Тенденции изменений окружающей среды

Характеристика	Тенденция 1972-1992 гг.	Сценарий 2030 г.
Потребление первичной биологической продукции	Рост потребления – 40 % на суше, 25 % – глобальное потребление	Рост потребления – 80-85% на суше, 50-60% – глобальное потребление
Изменение концентрации парниковых газов в атмосфере	Прирост концентрации – до единиц процентов ежегодно	Рост концентрации, ускорение роста концентрации CO ₂ и CH ₄ за счет ускорения разрушения биоты
Истощение озонового слоя, рост озоновой дыры в Антарктиде	На 1-2% ежегодно; ежегодный рост площади озоновой дыры	Сохранение тенденции даже при прекращении выброса ХФУ
Сокращение площади лесов, особенно тропических	Сокращение со скоростью от 117 тыс. км ² в год (1980 г.) до 180 тыс. км ² (1989 г.)	Сохранение тенденции, сокращение площади лесов в тропиках с 18 (1990 г.) до 9-11 млн. км ² (2030 г.), сокращение площади лесов умеренного пояса
Опустынивание	Расширение площади пустынь (60 тыс. км ² в год), рост опустошения земель	Сохранение тенденции, возможен рост темпов за счет уменьшения влагооборота на суше и накопления поллютантов в почвах
Деградация земель	Рост эрозии, снижение плодородия, накопление загрязнителей, закисление, засоление почв.	Сохранение тенденции, рост эрозии и загрязнения, сокращение сельскохозяйственных земель на душу населения.
Качественное истощение вод суши	Рост объемов сточных вод, точечных и площадных источников загрязнения, числа поллютантов и их концентрации	Наращение тенденции
Исчезновение видов организмов	Быстрое исчезновение видов	Усиление тенденции по мере разрушения биосферы
Ухудшение условий проживания людей, рост числа генетических заболеваний и заболеваний, связанных с экологическими нарушениями, появление новых болезней	Рост бедности, нехватка продовольствия, высокая детская смертность, высокий уровень заболеваемости, небезопасность чистой питьевой водой в развивающихся странах, проживание в зонах высокого загрязнения. Рост числа генетических заболеваний, аллергических заболеваний в развитых странах, пандемия СПИДа в мире, рост потребления лекарств, понижение иммунного статуса	Сохранение тенденций, увеличение нехватки продовольствия, рост числа генетических заболеваний, связанных с экологическими нарушениями, расширение территории инфекционных заболеваний, появление новых болезней

На конференции ООН в 1972 г. в Стокгольме была принята декларация, в которой говорится, что человек одновременно является продуктом и творцом своей среды, дающей ему физическую основу для жизни и возможность интеллектуального, морального, общественного и духовного развития. Таким образом, для человеческого благосостояния и обеспечения основных прав людей, в том числе права на жизнь, важное значение имеют два аспекта – природная среда и техногенная, которую создал человек. В этом секторе условий жизни в начале XXI в. сконцентрированы наиболее опасные для человека тенденции, так как исчерпание природных ресурсов и загрязнение природной среды происходят быстрее, чем люди успевают заменять их искусственными условиями.

Среди негативных последствий демографического кризиса заслуживают особого внимания: рост материального потребления, рост городских агломераций, загрязнение среды, падение уровня жизни, изменение структуры населения и его скученность.

Рост потребления. Рост населения не пропорционален росту потребления, так как обычно сопровождается падением уровня жизни. Потребление возрастает, прежде всего, за счет тех областей, которые мало связаны с уровнем жизни (например, потребление зерна, риса и т.п.).

Рост городов. В силу того, что сельскохозяйственное производство не представляет дополнительных рабочих мест, избыточное население сосредоточивается в городах. Рост городов происходит нередко за счет сельскохозяйственных угодий, что, в свою очередь, ведет к усилению оттока населения из сел в города.

Загрязнение среды возрастает из-за увеличения объема коммунальных отходов, роста городов как наиболее мощных источников загрязнения, интенсификации сельскохозяйственного производства. Загрязнение провоцирует рост заболеваемости, запуская механизм естественного отбора, ведущего к изменению (ухудшению) генофонда. Борьба с загрязнением, в свою очередь, сопряжена со значительным увеличением непроизводительных расходов.

Падение уровня жизни. Основные факторы падения уровня жизни связаны с ростом численности населения – многодетностью и обусловленным ею дефицитом семейного бюджета, ростом цен на землю, соответствующим удорожанием жилищного строительства, ресурсов, всех систем жизнеобеспечения, а также с ростом непроизводительных расходов.

Изменение структуры населения. Сдвиг в пользу городского населения с ростом его численности сопровождается изменениями соотношения:

- возрастных групп: омоложением населения, что чревато ростом безработицы среди молодежи, преступности и общей социальной нестабильности;
- полов в младших возрастных группах: число мальчиков превышает число девочек;
- полов в старших возрастных группах: снижением продолжительности жизни мужчин по сравнению с женщинами; увеличением числа одиноких женщин среднего и пожилого возрастов.

Скученность. Скученность населения ускоряет процесс загрязнения среды. Она провоцирует гормональные нарушения у человека, увеличивает степень конфликтности и агрессивности в семье и на производстве.

Социально-психологические последствия скученности – отчуждение, утрата социальной значимости личности, снижение ценности жизни, социальное безразличие и карьеризм (стремление обрести значимость любой ценой), саморазрушение (алкоголизм, наркомания, половые извращения, исключаящие из репродуктивного процесса), преступность.

Качественные аспекты проблемы касаются и самого человека. Только сейчас начинаются исследования, чтобы выяснить, что же происходит с людьми при столь большом их количестве и быстром росте численности: продолжается ли прогрессивная эволюция человека как биологического вида; насколько человечество изменяет свои свойства, влияет само на себя, изменяя природу и качество окружающей среды; каковы перспективы развития цивилизации и пр.



Тема 9. НОРМИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

9.1. Характеристика и показатели опасности вредных веществ

В соответствии с СТБ 17.08.02-01-2009 загрязняющие вещества в зависимости от химического состава делятся на 28 групп. Например, металлы и их соединения, углеводороды предельные, углеводороды непредельные, простые эфиры, органические кислоты, альдегиды, кетоны, пыль и др. Каждому загрязняющему веществу присвоен код, состоящий из четырех цифр: первые две цифры обозначают номер группы, к которой относится данное вещество, следующие две цифры показывают порядковый номер вещества в данной группе. Например, углеводороды включают четыре группы загрязняющих веществ: предельные, непредельные, ароматические и ароматические полициклические углеводороды, которые имеют соответствующие коды: 0401-0499, 0501-0599, 0601-0699, 0701-0799.

В этом же стандарте приведены перечни летучих органических соединений, групп суммации, стойких органических загрязнителей, парниковых газов, озоноразрушающих, а также озонобезопасных веществ и их смесей.

Летучие органические соединения (ЛОС) способны вступать в фотохимические реакции в атмосфере с образованием озона и других окислителей. В группу ЛОС входят многие органические соединения - предельные, непредельные, ароматические и полициклические, галогенпроизводные углеводороды, спирты и фенолы, простые и сложные эфиры, альдегиды, кетоны, органические кислоты, окиси и перекиси, амины, нитросоединения и другие вещества, например, бутан, метан, этан, пропан, стирол, толуол, гексан, пентан, циклогексан, бензол, дихлорэтан, четыреххлористый углерод, спирты, фенолы, эфиры и др.

В настоящее время выделяют группу *стойких органических загрязнителей (СОЗ)*, представляющих собой химические соединения различной природы и обладающих следующими свойствами:

- стойкость в окружающей среде;
- устойчивость к деградации;
- острая и хроническая токсичность;
- биоаккумуляция;
- трансграничный перенос на большие расстояния по воздуху, воде либо с мигрирующими видами.

В первоначальный перечень из 12 химических веществ, предусмотренный Стокгольмской конвенцией о стойких органических загрязнителях, принятой в Стокгольме 22.05.2001 г., вошли 8 хлорсодержащих пестицидов – альдрин, эндрин, дильдрин, хлордан, ДДТ, токсафен, мирекс, гептахлор. Остальные – гексахлорбензол (ГХБ), полихлорированные бифенилы (ПХБ) и полихлорирован-

ные диоксины (ПХДД) и фураны (ПХДФ) – относятся к веществам, длительное время применяемым в качестве диэлектрических или охлаждающих жидкостей в электрооборудовании, пластификаторов и других добавок при производстве лаков, красок, смазочных масел, гидравлических жидкостей.

Этот список СОЗ является окончательно незакрытым, поэтому конвенцией предусмотрена возможность внесения в эти группы новых веществ по мере накопления необходимой информации. В настоящее время в перечень СОЗ внесены еще более двух десятков соединений (хлордекон, линдан, гексабромдифенил и др.).

Одним из опасных загрязняющих веществ, вызывающим онкологические заболевания, является *бензапирен*, образуемый при сгорании любого вида топлива ($\text{ПДК}=0,000\ 001\ \text{мг/м}^3$).

В настоящее время существенно возросла опасность отравления окружающей среды *диоксинами* и родственными им соединениями (структурно и химически связанных полихлорированных дибензопарадиоксинов (ПХДД) и полихлорированных дибензофуранов (ПХДФ)).

Признаками поражения диоксинами являются: снижение веса, потеря аппетита, появление угреобразной сыпи на лице и шее, не поддающейся лечению, поражение век глаз. Наступают крайняя депрессия и сонливость. Дальнейшее поражение диоксином приводит к нарушениям функций иммунной, нервной систем, обмена веществ, изменению состава крови. При воздействии более высоких концентраций, диоксины могут вызывать мутагенный, тератогенный и эмбриотоксический эффект, приводить к онкологическим заболеваниям и пр.

К *озоноразрушающим веществам* (ОРВ) относятся пентафторхлорэтан (ХФУ-115), трифторбромметан (галон-1301), дифторхлорбромметан (галон-1211), трифторхлорметан (ХФУ-13), тетрахлорметан, фторхлорметан (ГХФУ-31), фтордибромметан (ГБФУ-21В2) и др.

Вредные вещества в зависимости от их свойств и условий воздействия на человека (концентрация/доза/время) могут вызывать *острые* и *хронические отравления (интоксикации)*. Важнейшей характеристикой вредного воздействия химического вещества является *степень его вредности (токсичность)*.

Токсичность является мерой несовместимости вещества с жизнью. Например, это может быть средняя смертельная доза или концентрация химического вещества. Однако в реальных условиях вероятность развития интоксикации обусловлена не только токсичностью, но и общим количеством поступившего в организм вредного вещества (дозой), опасным для жизни. Поэтому для классификации химических веществ введено и такое понятие, как «опасность».

Опасность – вероятность возникновения вредных для здоровья последствий, являющихся результатом контакта человека с химическими веществами.

Опасность характеризуется показателями, которые разделены на две группы.

К первой группе относятся *показатели потенциальной опасности*, определяющие возможность попадания в организм вредного вещества:

средняя смертельная доза при введении в желудок – доза вещества, вызывающая гибель 50 % животных при однократном введении в желудок ($ДЛ_{50ж}$, мг/кг);

средняя смертельная доза при нанесении на кожу – доза вещества, вызывающая гибель 50% животных при однократном нанесении на кожу ($ДЛ_{50к}$, мг/кг);

средняя смертельная концентрация в воздухе – концентрация вещества, вызывающая гибель 50 % животных при 2-4-часовом ингаляционном воздействии ($СЛ_{50}$, мг/м³);

коэффициент возможности ингаляционного отравления (КВИО) – отношение максимально допустимой концентрации вредного вещества в воздухе при 20°C к средней смертельной концентрации вещества для мышей при двухчасовом воздействии.

Ко второй группе относятся *показатели реальной опасности*:

зона острого действия – отношение смертельной концентрации вредного вещества к минимальной (пороговой) концентрации, вызывающей изменение биологических показателей на уровне целостного организма, выходящее за пределы приспособительных физиологических реакций;

зона хронического действия – отношение минимальной (пороговой) концентрации, вызывающей изменение биологических показателей на уровне целостного организма, выходящих за пределы приспособительных реакций, к минимальной концентрации, вызывающей вредное действие на организм в хроническом эксперименте – по 4 ч. пять раз в неделю на протяжении не менее 4-х месяцев.

Считают, что вещество тем опаснее, чем меньше зона острого действия. Такое вещество опасно с точки зрения развития тяжелых (смертельных) форм отравлений. Зона хронического действия характеризует *хроническое отравление*. Проявления хронического отравления развиваются скрытно по мере постепенного накопления вредного вещества и увеличения его токсического действия. Например, при длительном воздействии свинца, ртути или кадмия развиваются хронические интоксикации. Эти вещества обладают способностью накапливаться и медленно выводятся из организма. Свинец откладывается в костях, ртуть и кадмий – в почках, марганец – в печени.

По степени воздействия на организм человека все химические вещества подразделяют на четыре класса опасности:

1-й класс опасности – чрезвычайно опасные вещества;

2-й класс опасности – высокоопасные вещества;

3-й класс опасности – умеренно опасные вещества;

4-й класс опасности – малоопасные вещества.

Классы опасности веществ устанавливаются в зависимости от норм и показателей, указанных в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Показатели токсичности вредных веществ

Показатель	Норма для классов опасности			
	1	2	3	4
Предельно допустимая концентрация вредных веществ в воздухе рабочей зоны (ПДК _{р.з.}), мг/м ³	Менее 0,1	0,1-1,0	1,1-10,0	Более 10,0
Средняя смертельная доза при введении в желудок (ДЛ _{50ж}), мг/кг	Менее 15	15-150	151-5 000	Более 5 000
Средняя смертельная доза при нанесении на кожу (ДЛ _{50к}), мг/кг	Менее 100	100-500	501-2 500	Более 2 500
Средняя смертельная концентрация в воздухе (СЛ ₅₀), мг/м ³	Менее 500	500-5 000	5 001-50 000	Более 50 000
Коэффициент возможного ингаляционного отравления	Более 300	300-30	29-3	Менее 3
Зона острого действия	Менее 6,0	6,0-18,0	18,1-54,0	Более 54,0
Зона хронического действия	Более 10,0	10,0-5,0	4,9-2,5	Менее 2,5

Отнесение вещества к классу опасности проводят по показателю, значение которого является максимальным.

Вредные химические вещества могут поступать в организм человека различными путями: через органы дыхания, желудочно-кишечный тракт, кожный покров и слизистые оболочки. Независимо от пути проникновения, в организме вредные вещества подвергаются физико-химическим превращениям, биологическая направленность которых состоит в обезвреживании вредных веществ и выведении их из организма.

Как правило, люди подвергаются одновременному или совместному (*комбинированному*) воздействию сразу нескольких вредных веществ. Разделяют несколько видов комбинированного действия вредных веществ.

Однонаправленное действие возникает, когда компоненты смеси действуют на одни и те же системы в организме (*синергизм*). В этом случае суммарный эффект воздействия смеси равен сумме эффектов отдельных компонентов и должен отвечать соотношению

$$\frac{C_1}{ПДК_1} + \frac{C_2}{ПДК_2} + \dots + \frac{C_n}{ПДК_n} \leq 1,$$

где C – концентрации компонентов смеси;

$ПДК$ – предельно допустимые концентрации компонентов.

Таким образом, сумма отношений концентраций каждого из компонентов не должна превышать единицы. Эффектом суммации, или синергизмом, например, обладают группы аммиак, сероводород и формальдегид; озон, диоксид азота и формальдегид; диоксид азота и диоксид серы; диоксид азота, оксид углерода, фенол и диоксид серы; сероводород и формальдегид; диоксид серы и фенол; диоксид серы и фтористые газообразные соединения; оксид углерода и пыль цементного производства и др.

Положительный синергизм (потенцирование) имеет место, когда одно вредное вещество усиливает токсическое действие другого. Это происходит вследствие подавления одним из вредных веществ деятельности систем организма, ответственных за обезвреживание другого вещества. Положительный синергизм отмечается, например, при совместном воздействии хлорофоса и винилфосфата, четыреххлористого углерода и этилендихлорида или оксида углерода и бензола. Никель усиливает свою токсичность в присутствии медьсодержащих соединений в 10 раз. Алкоголь повышает опасность отравления анилином и ртутью.

Атмосферный воздух всегда загрязнен рядом веществ, которые обладают эффектами суммации или потенцирования.

Отрицательный синергизм (антагонизм) проявляется в том, что одно химическое вещество ослабляет действие другого. Такое явление наблюдается, например, в отношении сернистого ангидрида и хлора, диоксида серы и аммиака, аммиака и диоксида углерода. Это происходит вследствие химического взаимодействия указанных веществ с образованием малотоксичных соединений.

Независимое действие вредных веществ проявляется при одновременном содержании в воздухе нескольких вредных веществ, не обладающих однопавленным действием. В этом случае их токсические индивидуальные эффекты не зависят один от другого. Например, пары бензола и раздражающие газы (оксиды азота, серы, хлор и др.) действуют на разные органы и системы, и значения их ПДК остаются такими же, как при изолированном действии каждого компонента.

Обобщенная характеристика воздействия вредных веществ на организм человека представлена в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Воздействие основных загрязнителей на организм человека

Загрязнители	Основные виды воздействия на человека
Асбест	Канцерогенное (рак легких)
Бензапирен	Канцерогенное, мутагенное, тератогенное действие
Бериллий	Дерматиты, язвы, воспаления слизистых оболочек
Ванадий	Раздражение дыхательных путей, астма, нервные расстройства, изменение формулы крови
Винилхлорид	Канцерогенное действие
Диоксид азота	Заболевания органов дыхания, раздражение слизистых оболочек, головные боли, бессонница
Диоксид серы	Заболевания дыхательных путей, конъюнктивит, головные боли
Диоксины	Острые и хронические отравления, мутагенный и тератогенный эффект, канцерогенное действие, иммунодефицит
Кадмий	Респираторные заболевания, почечная дисфункция, канцерогенное воздействие
Мышьяк	Рак легких, кожные болезни, заболевания крови (включая малокровие)
Никель	Респираторные заболевания, астма, нарушение дыхательной защитной системы, рак носа и легких, врожденные пороки
Нитраты, нитриты, продукты метаболизма азотных удобрений	Острые отравления, нарушение обмена веществ, аллергическое и канцерогенное действие, нервные расстройства

Продолжение таблицы 9.2

Ртуть	Поражение ЦНС, включая временную потерю памяти, нарушение координации, почечная недостаточность
Свинец	Нарушение процессов кроветворения, повреждения печени и почек, неврологические заболевания
Таллий	Нарушение обмена веществ, гипотензия и брадикардия, воспаление глазных нервов и поражение глазных мышц, выпадение волос
Угарный газ	Кровяной яд, головные боли, тошнота, смерть от удушья
Формальдегид	Заболевания органов дыхания, аллергенное и канцерогенное действие
Фреоны	Канцерогенная опасность вследствие разрушения озонового слоя
Хлорорганические пестициды	Поражение печени, ЦНС, канцерогенное действие
Хром	Рак легких, желудочно-кишечного тракта, дерматиты

В РБ проводятся работы по снижению поступления СОЗ в окружающую среду в соответствии с Национальным планом выполнения обязательств, принятых РБ по Стокгольмской конвенции о стойких органических загрязнителях на 2007-2010 гг. и на период до 2028 г., утвержденным Указом Президента РБ 12.06.2007 г. № 271.

9.2. Нормирование качества окружающей среды

Под качеством окружающей природной среды понимают степень ответственности ее характеристик потребностям людей и технологическим требованиям.

В основу всех природоохранных мероприятий положен **принцип нормирования качества окружающей среды** – установление уполномоченными государственными органами нормативов (показателей) предельно допустимых воздействий человека и его деятельности на окружающую природную среду.

В соответствии со ст. 20 Закона РБ «Об охране окружающей среды» **нормативы качества окружающей среды устанавливаются на уровне, обеспечивающем экологическую безопасность, и применяются для оценки состояния окружающей среды и нормирования допустимого воздействия на нее.**

К нормативам качества окружающей среды относятся:

- нормативы предельно допустимых концентраций химических и иных веществ;
- нормативы предельно допустимых физических воздействий;
- нормативы предельно допустимых концентраций микроорганизмов;
- иные нормативы качества окружающей среды.

Нормативы качества окружающей среды утверждаются и вводятся в действие Министерством здравоохранения РБ по согласованию с Министерством ПРИОС РБ, иными государственными органами в соответствии с законодательством РБ.

В целях сохранения особо охраняемых природных территорий, курортных и рекреационных зон, а также типичных и редких природных ландшафтов, имеющих особое природоохранное значение, для этих природных объектов могут устанавливаться более жесткие, чем действующие на остальных территориях, нормативы качества окружающей среды.

Нормативы качества окружающей среды выполняют ряд функций:

- устанавливают предельные величины вредных химических, физических, биологических воздействий на окружающую среду;
- служат для оценки состояния по химическим, физическим и биологическим характеристикам различных компонентов природной среды и природных сред (атмосферного воздуха, вод, почв);
- учитываются при проведении оценки воздействия на окружающую среду планируемой хозяйственной деятельности.

Соблюдение нормативов качества окружающей среды наряду с другими требованиями законодательства при проектировании предприятий, иных объектов, влияющих на состояние окружающей среды, рассматривается в качестве критерия экологической обоснованности соответствующих решений.

Нормативы качества окружающей среды служат также одним из юридических критериев для определения благоприятного состояния окружающей среды, что представляется весьма важным при решении вопросов, связанных с защитой права граждан на благоприятную окружающую среду.

В настоящее время массив нормативов качества окружающей среды весьма значителен: более 500 нормативов предельно допустимых концентраций химических и иных веществ для атмосферного воздуха, более 1600 – для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения, более 100 – для почв.

Существуют следующие *основные экологические нормативы качества природной среды* относительно здоровья человека:

- *санитарно-гигиенические* – предельно допустимая концентрация загрязняющих веществ (ПДК), допустимый уровень физического воздействия (шума, вибрации, ионизирующих излучений и т.д.);
- *производственно-хозяйственные* – допустимый выброс загрязняющих веществ (ДВ), допустимый сброс загрязняющих веществ (ДС), допустимое изъятие компонентов природной среды, норматив образования отходов производства и потребления и др.;
- *комплексные показатели* – потенциал загрязнения атмосферы (ПЗА), индекс загрязнения атмосферы (ИЗА), индекс загрязнения воды (ИЗВ), допустимая антропогенная нагрузка на окружающую природную среду и др.

Нормирование качества окружающей среды осуществляется на основании соответствующих ТНПА, определяющих допустимые качественные и количественные показатели загрязнителей в окружающей среде.

9.2.1. Нормирование качества атмосферного воздуха

Качество атмосферного воздуха – это совокупность его свойств, определяющих степень воздействия химических, физических и биологических факторов на окружающую среду.

Под *физическим воздействием* понимается воздействие на атмосферный воздух факторов физической природы (шум, инфразвук, ультразвук, неионизирующее и ионизирующее излучения, вибрация), оказывающее неблагоприятное влияние на организм человека и окружающую среду.

Нормативами качества атмосферного воздуха являются величины допустимых концентраций химических веществ, их смесей, микроорганизмов в атмосферном воздухе, при соблюдении которых не оказывается ни прямое, ни косвенное вредное воздействие, включая отдаленные последствия, на окружающую среду и здоровье человека.

Для характеристики качества атмосферного воздуха используются следующие показатели:

- нормативы предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных пунктов и мест отдыха;

- нормативы экологически безопасных концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе особо охраняемых природных территорий, отдельных природных комплексов и объектов особо охраняемых природных территорий.

Предельно допустимая концентрация (ПДК) вещества – это максимальная концентрация примеси в атмосфере, отнесенная к определенному времени осреднения, которая при периодическом воздействии или на протяжении всей жизни человека не оказывает вредного действия на него, включая отдаленные последствия, и на окружающую среду в целом.

В настоящее время используется несколько видов ПДК: максимальная из разовых (ПДК_{МР}), среднесуточная (ПДК_{СС}) и предельно допустимая концентрация для воздуха рабочей зоны (ПДК_{РЗ}). Классификация предельно допустимых концентраций представлена на рисунке 9.1.

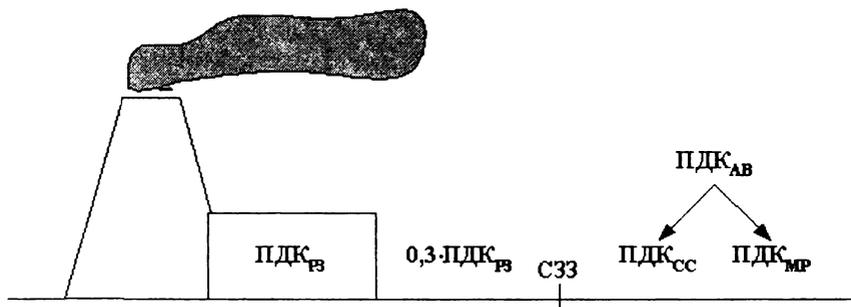


Рисунок 9.1 – Предельно допустимые концентрации вредных веществ в атмосфере

Максимальная из разовых концентрация – это концентрация примеси в атмосфере, определяемая по пробе, отобранной в течение 20-30 мин.

Среднесуточная концентрация – это концентрация примеси в атмосфере, определяемая по среднесуточной пробе, которая представляет собой пробу воздуха, отбираемую в течение 24 часов непрерывно или с равными интервалами между отборами, но не менее четырех раз в сутки.

В некоторых случаях используют среднемесячные и среднегодовые концентрации примесей в атмосфере.

Среднемесячная концентрация – это концентрация примеси в атмосфере, определяемая как среднее значение из среднесуточных концентраций или из разовых концентраций, измеряемых по полной программе контроля (не реже четырех раз в сутки) не менее 20 суток в месяц.

Среднегодовая концентрация – это концентрация примеси в атмосфере, определяемая как среднее значение из среднесуточных концентраций или из разовых концентраций, измеряемых по полной программе контроля не менее 200 суток в год.

В случае отсутствия значений ПДК для населенных мест могут применяться ОБУВ. Они определяются расчетным путем по физико-химическим свойствам или по показателям острой опасности веществ. Значения ОБУВ должны пересматриваться через 2 года после их утверждения или заменяться ПДК с учетом накопленных данных о соотношении здоровья работающих и условий труда.

Разработка ПДК основывается на *лимитирующем показателе вредности (ЛПВ)* загрязняющего вещества. Лимитирующий (определяющий) показатель вредности характеризует направленность биологического действия вещества: *рефлекторное* и *резорбтивное*. Под *рефлекторным действием* понимается реакция со стороны рецепторов верхних дыхательных путей – ощущение запаха, раздражение слизистых оболочек, задержка дыхания и т.п. Указанные эффекты возникают при кратковременном воздействии вредных веществ, поэтому рефлекторное действие лежит в основе установления максимальной разовой ПДК (ПДК_{м.р}). Под *резорбтивным действием* понимают возможность развития общетоксических, гонадотоксических, эмбриотоксических, мутагенных, канцерогенных и других эффектов, возникновение которых зависит не только от концентрации вещества в воздухе, но и длительности ее вдыхания. С целью предупреждения развития резорбтивного действия устанавливается среднесуточная ПДК (ПДК_{сс}).

Величина ПДК зависит от степени токсичности вещества, характеризующейся классом опасности (таблица 9.1). В зависимости от степени воздействия на организм человека загрязняющие атмосферу вещества подразделяются на 4 класса опасности:

1-й класс опасности – чрезвычайно опасные вещества, значения ПДК которых в воздухе рабочей зоны не превышают 0,1 мг/м³;

2-й класс опасности – высоко опасные вещества, значение ПДК_{р3} находится в пределах от 0,1 до 1 мг/м³;

3-й класс опасности – умеренно опасные вещества со значением ПДК_{р3} от 1,1 до 10 мг/м³;

4-й класс опасности – малоопасные вещества со значением ПДК_{р3} > 10 мг/м³.

Биологическое загрязнение атмосферного воздуха микроорганизмами и микроорганизмами-продуцентами производств ферментов, аминокислот, кормовых, пивных и пекарских дрожжей нормируется количеством клеток на 1 м³ воздуха.

Для гигиенической оценки загрязнения воздуха применяется комплексный **индекс загрязнения атмосферы (ИЗА)**, учитывающий несколько примесей, представляющий собой сумму концентраций выбранных загрязняющих веществ в долях ПДК

Расчет комплексного ИЗА рассчитывают по формуле:

$$ИЗА = \sum_{i=1}^n \left(\frac{q_{cp,i}}{ПДК_{cc,i}} \right)^{a_i},$$

где $q_{cp,i}$ – среднегодовая концентрация i -й примеси;

$ПДК_{cc,i}$ – среднесуточная ПДК для i -й примеси, мг/м³;

a_i – 0,9; 1,0; 1,3 и 1,7 соответственно для примесей 4,3, 2 и 1-го классов опасности.

Выбор веществ для расчета комплексного ИЗА производится с помощью предварительного сопоставления убывающего вариационного ряда величин ИЗА, рассчитанных для 5-6 приоритетных примесей.

В зависимости от значения ИЗА уровень загрязнения воздуха определяется следующим образом (таблица 9.3):

Таблица 9.3 – Уровни загрязнения атмосферного воздуха

Уровень загрязнения атмосферного воздуха	Значения ИЗА
Низкий	≤ 5
Повышенный	5-7
Высокий	7-9
Очень высокий	≥ 9

Уровень загрязнения атмосферы считается высоким, если средние значения концентраций превышают средние по республике, или ИЗА превышает 9; повышенным, если концентрации примеси в отдельных случаях превышают ПДК_{cc} и ПДК_{мр}; низким, если среднегодовые концентрации примеси находятся в пределах или ниже ПДК_{cc}, а максимальные из разовых только в отдельных случаях превышают допустимые нормы.

Качество атмосферного воздуха населенных мест нормируется «Гигиеническими требованиями к обеспечению качества атмосферного воздуха населенных пунктов и мест отдыха населения», утвержденными Постановлением Минздрава РБ 30.06. 2009 г. № 77.

Концентрации примесей в атмосферном воздухе определяются на стационарных, маршрутных или подфакельных постах с помощью различных воздухоотборных устройств и соответствующих методов и средств измерения. Исследования должны проводиться специализированными аккредитованными лабораториями.

Атмосферный воздух может быть также загрязнен радиоактивными веществами техногенного происхождения. В этом случае руководствуются Нормами радиационной безопасности НРБ-2000.

Шум и вибрация. Основными источниками акустического и вибрационного воздействия на окружающую среду являются транспорт, производственное оборудование, аудиоустановки и т. п.

Органы слуха человека воспринимают звуковые колебания в интервале частот от 16 до 20 000 Гц. Колебания с частотой ниже 16 Гц (инфразвуки) и с частотой выше 20 000 Гц (ультразвуки) не воспринимаются органами слуха человека, но негативно воздействуют на биосферу.

По характеру спектра шум подразделяется на широкополосный и тональный, а по времени воздействия - на постоянный и непостоянный. Непостоянный в свою очередь делится на колеблющийся, прерывистый и импульсный.

Все виды акустического воздействия на окружающую среду подлежат нормированию. В соответствии с СанПиН 2.2.4/2.1.8.10-32-2002 звуковые колебания нормируются по уровню звукового давления (в децибелах УЗД, дБ) и уровню звука (УЗ, дБА) (таблица 9.4).

При нормировании тонального и импульсного шума к значениям, приведенным в табл. 6.8, следует принимать поправку 5 дБ (дБА). Нормы шума для курортных районов, мест отдыха, туризма, зеленых зон города снижаются на 5 дБ (дБА) по сравнению с данными таблицы 9.4.

В отличие от звуковых колебаний инфразвук распространяется практически без ослабления на значительные расстояния. Так, уровни инфразвука 10 дБ фиксировались при удалении от источника на расстояние 200 м.

В соответствии с СанПиН 2.2.4/2.1.8.10-35-2002 постоянный инфразвук нормируется уровнями звукового давления на среднегеометрических частотах 2,4,8, 16 Гц в дБ (таблица 9.5).

Для непостоянного инфразвука мгновенные (текущие) значения общего уровня звукового давления, измеренные по шкале шумомера «Линейная», не должны превышать 120 дБ.

Таблица 9.4 – Уровни звука и уровни звукового давления в жилых и общественных помещениях и на территории жилой застройки

Назначение помещений или территорий	Время суток	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА	Максимальные уровни звука, дБА	
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000			
Классные помещения, аудитории школ и др. учебных заведений	Во время занятий	79	63	52	45	39	35	32	30	28	40	55	
Жилые комнаты квартир, спальные помещения в детских дошкольных учреждениях и школах-интернатах	С 7 до 23 ч С 23 до 7 ч	79	63	52	45	39	35	32	30	28	40 30	55 45	
		72	55	44	35	29	25	22	20	18			
Номера гостиниц и жилые комнаты общежитий	С 7 до 23 ч. С 23 до 7 ч.	83	67	57	49	44	40	30	27	25	23	45 35	60 50
		76	59	48	40	34	30	27	25	23			
Территории, непосредственно прилегающие к жилым домам	С 7 до 23 ч. С 23 до 7 ч.	90	75	66	59	54	50	40	37	35	33	55 45	70 60
		83	67	57	49	44	40	37	35	33			
Площадки отдыха на территории микрорайонов и групп жилых домов	Круглосуточно	83	67	57	49	44	40	37	35	33	45	60	

Таблица 9.5 – Допустимые уровни инфразвука в жилых, общественных помещениях и на территории жилой застройки

Место измерения	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц				Общий уровень звукового давления, дБ лин.
	2	4	8	16	
Помещения жилых и общественных зданий	75	70	65	60	75
Территория жилой застройки	90	85	80	75	90

При возникновении вибрации колебания генерируются в трех взаимно перпендикулярных направлениях и могут приводить к негативным последствиям для здоровья человека, состояния оборудования, зданий, сооружений. Поэтому уровни вибрации в жилых зданиях регламентируются.

Нормируемыми СанПиН 2.2.4/2.1.8.10-33-2002 параметрами постоянной и непостоянной вибрации в жилых помещениях и общественных зданиях являются средние значения виброускорения и виброскорости или их логарифмические уровни (таблица 9.6).

Таблица 9.6 – Нормативные значения вибрации в жилых помещениях

Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц	Допустимые значения по осям X0, Y0, Z0			
	Виброускорение		Виброскорость	
	м/с ²	дБ	м/с	дБ
7	0,0038	22	0,00032	76
4	0,0042	23	0,00018	71
8	0,0053	25	0,00011	67
16	0,011	31	-	-
31,5	0,021	37	-	-
63	0.042	43	-	-
Корректированные значения и их уровни	0,0038	22	-	-

В дневное время в помещениях допустимо превышение нормативных уровней вибрации на 5 дБ, а для непостоянной вибрации к допустимым значениям уровней вводится поправка минус 10 дБ и абсолютные значения умножаются на 0,32.

Электромагнитное воздействие. Как было показано ранее, широкое использование электромагнитной энергии в разнообразных областях человеческой деятельности привело к тому, что к собственному электрическому и магнитному полям Земли, атмосферному электричеству, радиоизлучению Солнца и Галактики добавилось электромагнитное поле (ЭМП) искусственного происхождения.

Источники ЭМП, к которым относятся воздушные линии электропередачи, технические средства радиовещания, телевидения, радиорелейной и спутниковой связи, радиолокационные и навигационные системы, лазерные маяки, антенны сотовой мобильной связи и другие, существенно повлияли на естественный электромагнитный фон. На значительных территориях республики, особенно вблизи прохождения воздушных линий электропередачи высокого и сверхвысокого напряжения, радио и телевидения, радиолокационных установок, напряженность электрических и магнитных полей возросла от 2 до 5 порядков, создавая тем самым реальную угрозу населению, животному и растительному миру.

В связи с этим уровни электромагнитных излучений радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ) нормируются СанПиН 2.2.4/2.1.8.9-36-2002 (таблица 9.7).

Таблица 9.7 – Предельно допустимые уровни ЭМИ РЧ для населения, территории жилой застройки и мест массового отдыха; помещений жилых, общественных и производственных зданий

Диапазон частот				
30-300 кГц	0,3-3 МГц	3-30 МГц	30-300 МГц	300 МГц - 300 ГГц
Предельно допустимые уровни ЭМИ РЧ				
В/м	В/м	В/м	В/м	мкВт/см ²
25,0	15,0	10,0	3,0	10,0

Оценка воздействия ЭМИ тока промышленной частоты 50 Гц проводится по напряженностям электрического (Е) и магнитного (Н) полей в соответствии с СанПиН «Гигиенические требования к электрическим и магнитным полям тока промышленной частоты 50 Гц при их воздействии на население», утвержденными Министерством здравоохранения РБ 21.06. 2010 г. №68 (таблица 9.8).

Таблица 9.8 – Предельно допустимые уровни напряженности электрического и магнитного полей с частотой тока 50 Гц

Назначение помещений или территории	Напряженность электрического поля Е, кВ/м	Напряженность магнитного поля Н, А/м
Помещения жилых и общественных зданий	0,5	4
Территория жилой застройки	1	8
В населенных пунктах вне территории жилой застройки, в том числе в зонах действия воздушных и кабельных линий электропередачи напряжением более 1 кВ для лиц, не входящих в состав персонала	5	16
На участках пересечения воздушных линий электропередачи с автодорогами I-IV категорий	10	80
За пределами населенных пунктов с эпизодическим пребыванием людей	15	
Электротехнические изделия бытового назначения	0,5	8

На общий уровень электромагнитного загрязнения в жилых помещениях влияет работа контактирующих с человеком (миксер, утюг, фен, электробритва, электродрель, сотовый телефон и т. п.) и не контактирующих (холодильник, чайник, тостер, стиральная машина, печь СВЧ, радиоприемник, телевизор и т. д.) электробытовых изделий. Уровни напряженности электрического поля у поверхности этих изделий составляют от 160 до 420 В/м, что не превышает гигиенического норматива (500 В/м).

Уровни магнитной индукции поля у этих же изделий достигают 0,12-11,6 мкТл (микроТесла), что превышает безопасный уровень (0,2 мкТл, Швеция) от 2 до 58 раз. Рекомендуемый безопасный для человека уровень достигается на расстоянии от 0,8 до 1,0 м от изделия.

9.2.2. Нормирование качества воды

В соответствии с Водным кодексом РФ для оценки качества воды водных объектов, возможности их использования в хозяйственной и иной деятельности, осуществления контроля и надзора в области использования и охраны вод устанавливаются *нормативы качества воды, включающие в себя общезыфические, биологические, химические показатели качества и предельно допустимые концентрации веществ в воде водных объектов для различных целей водопользования.*

Качество воды поверхностных водоемов нормируется по категориям в зависимости от их назначения (хозяйственно-питьевого или культурно-бытового).

К *первой категории* относятся водные объекты или их участки, которые используются для хозяйственно-питьевого назначения или для водоснабжения предприятий пищевой промышленности.

Ко *второй категории* относятся водные объекты, используемые для культурно-бытового (коммунально-бытового) водопользования (спорт, купание, рекреация и пр.).

К рыбохозяйственному водопользованию относятся водоемы для обитания, размножения и миграции рыб и других водных организмов. Они также подразделяются на категории (высшую, первую и вторую).

Нормы качества воды (установленные значения показателей состава и качества воды по видам ее использования) водных объектов включают общие требования к составу и свойствам воды для различных видов водопользования, а также величины ПДК нормированных веществ в воде.

ПДК – максимальные концентрации, при которых вещества не оказывают прямого или опосредованного влияния на состояние здоровья населения (при воздействии на организм в течение всей жизни) и не ухудшают гигиенические условия водопользования.

При отсутствии значений ПДК временно устанавливаются *ориентировочно допустимые уровни* нормированных веществ (ОДУ). Они определяются расчетами или экспериментальными методами прогноза токсичности и применяются только на стадии предупредительного санитарного надзора за проектируемыми и строящимися предприятиями, очистными сооружениями. Ввод предприятий, цехов, технологий в эксплуатацию возможен только при наличии ПДК веществ и методов их определения в воде.

- Нормируемыми параметрами воды водоемов также являются:
- содержание плавающих примесей и взвешенных веществ;
 - запах, привкус, окраска и температура воды;
 - значение pH, состав и концентрация минеральных примесей и растворенного кислорода;
 - биохимическое потребление кислорода (БПК), химическое потребление кислорода (ХПК);
 - микробиологические показатели (возбудители заболеваний);
 - концентрация и состав ядовитых и вредных веществ.

БПК – количество кислорода, использованного в биохимических процессах окисления органических веществ (за исключением процессов нитрификации) за определенное время – 2,5; 8; 10; 20 суток (БПК_{2,5}, БПК₅ и т.д.), мг на 1 мг вещества;

ХПК – количество кислорода, эквивалентное количеству расходуемого окислителя, необходимого для окисления всех восстановителей, содержащихся в воде, мг на 1 мг вещества.

Вредные и ядовитые вещества нормируют по принципу *лимитирующего показателя вредности (ЛПВ)*, под которым понимают наиболее вероятное неблагоприятное воздействие каждого вещества.

При нормировании качества воды в водоемах хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения используют три вида ЛПВ:

- *санитарно-токсикологический;*
- *общесанитарный;*
- *органолептический.*

Для водоемов рыбохозяйственного назначения наряду с указанными используют еще два вида ЛПВ:

- *токсикологический;*
- *рыбохозяйственный.*

В таблице 9.9 приведены ПДК некоторых загрязняющих веществ в водоемах.

Таблица 9.9 – Предельно допустимые концентрации некоторых вредных веществ в водоемах

Вещество	Водоемы хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения		Рыбохозяйственные водоемы	
	ЛПВ	ПДК	ЛПВ	ПДК
Бензол	Санитарно-токсикологический	0,5	Токсикологический	0,5
Фенолы	Органолептический	0,001	Рыбохозяйственный	0,001
Бензин, керосин	Органолептический	0,1	Рыбохозяйственный	0,05
Cd ²⁺	Санитарно-токсикологический	0,01	Токсикологический	0,005
Cu ²⁺	Органолептический	1	Токсикологический	0,01
Цианиды	Санитарно-токсикологический	0,1	Токсикологический	0,05

В некоторых случаях содержание органических веществ в воде водоемов оценивается показателями БПК и ХПК (таблица 9.10).

Таблица 9.10 – Биологические показатели водных растворов некоторых вредных веществ в количестве ПДК

Вещество	БПК ₅	БПК _{полн}	ХПК
Акрилонитрил	0,70	1,56	1,81
Анилин	1,76	1,90	2,41
Ацетон	1,12	1,68	2,17
Бензины	-	0,11	3,07
Бензол	0,50	1,15	3,07
Диметиламин	1,30	1,80	2,13
Дихлорэтан	0	0	0,56
Метиловый спирт	0,60	1,05	1,50
Фенол	1,10	1,18	2,38

Интегральная оценка качества воды проводится обычно по гидрохимическим показателям.

В общем случае, при наличии значений нескольких оцениваемых показателей, можно рассчитать сумму приведенных к ПДК концентраций (принцип суммации воздействий). При этом критерием качества воды является значение:

$$\sum_{i=1}^n \frac{C_{\phi i}}{ПДК_i} \leq 1,$$

где $C_{\phi i}$ – фактическая концентрация i -го вещества в воде водоема, $ПДК_i$ – предельно допустимая концентрация i -го вещества.

Санитарное состояние водоема отвечает требованиям норм при выполнении этого соотношения. Причем для водоемов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения проверяют выполнение 3-х, а для водоемов рыбохозяйственного назначения – 5-ти неравенств. При этом каждое вещество учитывается только в одном неравенстве.

При наличии значений нескольких показателей определяется *индекс загрязненности воды (ИЗВ)*, который рассчитывается как сумма приведенных к ПДК фактических показателей качества для шести приоритетных загрязнителей воды:

$$ИЗВ = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{ПДК_i} / 6,$$

где C_i – среднее значение определяемого показателя за период наблюдений (среднее значение за год при гидрохимическом мониторинге);
6 – лимитируемое число показателей, используемых для расчета.

В качестве интегральной характеристики загрязненности поверхностных вод используют классы качества воды, которые установлены в зависимости от ИЗВ (таблица 9.11).

Таблица 9.11 – Характеристики интегральной оценки качества воды

ИЗВ	Класс качества воды	Оценка качества вод
≤ 0,2	I	Очень чистые
0,2-1	II	Чистые
1-2	III	Умеренно загрязненные
2-4	IV	Загрязненные
4-6	V	Грязные
6-10	VI	Очень грязные
≥10	VII	Чрезвычайно грязные

Качество природных вод, используемых для хозяйственно-бытовых нужд, должно соответствовать ГН 2.1.5.10-20-2003 «Ориентировочно допустимые уровни (ОДУ) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования» и ГН 2.1.5.10-21-2003 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования» с дополнением ГН 2.1.5.10-29-2003.

Использование подземных вод питьевого качества для целей, не связанных с удовлетворением питьевых, хозяйственно-бытовых и иных нужд населения, а также удовлетворением потребностей пищевой промышленности и животноводства, как правило, не допускается. В районах, где отсутствуют необходимые поверхностные водные источники и имеются достаточные запасы подземных вод питьевого качества, органы государственного управления охраной окружающей среды могут разрешать использование подземных вод для производственных нужд. Подземные воды, не отнесенные к категории питьевых или лечебных вод, могут в установленном порядке использоваться для технического водоснабжения, извлечения содержащихся в них химических элементов, получения тепловой энергии и других производственных нужд с соблюдением требований рационального использования и охраны вод.

Санитарными правилами и нормами 2.1.2.12-33-2005 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод от загрязнения» установлены следующие общие требования к составу и свойствам воды водных объектов в контрольных створах и местах питьевого, хозяйственно-бытового и рекреационного водопользования (таблица 9.12).

Показатели качества воды рыбохозяйственных объектов установлены и утверждены совместным постановлением Министерства ПриООС РБ и Министерства здравоохранения РБ «О некоторых вопросах нормирования качества воды рыбохозяйственных объектов» 08.05.2007г. №43/42.

В соответствии с действующим законодательством в водоемы могут сбрасываться только нормативно-очищенные сточные воды, а именно, воды, отведение которых после очистки в водные объекты не приводит к нарушению норм качества воды в контролируемом створе (поперечном сечении потока, в котором контролируется качество воды) или пункте водопотребления.

Таблица 9.12 – Общие требования к составу и свойствам воды водных объектов

Определяемые показатели	Категории водопользования	
	Для питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения, а также для водоснабжения пищевых предприятий	Для рекреационного водопользования, а также в черте населенных мест
Взвешенные вещества	При сбросе сточных вод, производстве работ на водном объекте и в прибрежной зоне содержание взвешенных веществ в контрольном створе (пункте) не должно увеличиваться по сравнению с естественными условиями более, чем на	
	0,25 мг/дм ³	0,75 мг дм ³
	Для водных объектов, содержащих в межень более 30 мг/дм ³ природных взвешенных веществ, допускается увеличение их содержания в воде в пределах 5%. Взвеси со скоростью выпадения более 0,4 мм/с для проточных водоемов и более 0,2 мм/с для водохранилищ к спуску запрещаются	
Плавающие примеси	На поверхности воды не должны обнаруживаться пленки нефтепродуктов, масел, жиров и скопление других примесей	
Окраска	Не должна обнаруживаться в столбике высотой	
	20 см	10 см
Запахи	Вода не должна приобретать запахи интенсивностью более 2 баллов:	
	обнаруживаемые непосредственно или при последующем хлорировании или других способах обработки	непосредственно
Температура	Летняя температура воды в результате сброса сточных вод не должна повышаться более, чем на 3°С по сравнению со среднемесячной температурой воды самого жаркого месяца года за последние 10 лет	

Запрещается сбрасывать в водные объекты воду, если она содержит вещества или продукты их трансформации, для которых не установлены значения ПДК или ОДУ, или же отсутствуют методы их контроля. Также запрещается сбрасывать сточную воду в водоемы в тех случаях, когда она после соответствующей очистки и обработки может быть направлена в системы оборотного водоснабжения или для повторного использования в производстве, а также орошения земель в сельском хозяйстве.

В водные объекты и территории водосбора запрещено сбрасывать различные шламы, пульпы, концентрированные кубовые остатки, технологические и коммунальные отходы, мусор и т. п.

9.2.3. Нормирование качества почв

Качество почв нормируется значениями ПДК или ориентировочно допустимых концентраций (ОДК) химических веществ в почве в соответствии с ГН 2.1.7.12-1-2004.

ПДК экзогенного химического вещества в почве – максимальное количество вещества в мг/кг абсолютно сухой почвы, которое не вызывает прямо-

го или опосредованного отрицательного влияния на здоровье настоящего и последующих поколений человека и экосистему.

ОДК – государственный временный гигиенический регламент максимального допустимого содержания экзогенного химического вещества в почве, определяемый расчетным путем. ОДК должны пересматриваться через 3 года после их утверждения или заменяться ПДК, полученными на основе экспериментальных данных.

Обоснование ПДК химических веществ в почве проводится по 5-ти основным показателям вредности, устанавливаемым экспериментально:

- фитотоксическому, характеризующему степень воздействия на семена растений;
- транслокационному, характеризующему переход вещества из почвы в растение;
- миграционному водному, характеризующему способность перехода вещества из почвы в грунтовые воды и водные источники;
- миграционному воздушному, характеризующему переход вещества из почвы в атмосферный воздух;
- общесанитарному, характеризующему влияние загрязняющего вещества на самоочищающую способность почвы и ее биологическую активность.

При этом определяется допустимый уровень содержания вещества по каждому показателю вредности, а в качестве ПДК (ОДК) принимается его наименьшее значение.

Химические вещества делятся на классы опасности в зависимости от степени возможного отрицательного воздействия на почву, растения, животных, а также возможности вызывать заболевания или отклонения в состоянии здоровья населения.

Нормативными требованиями определены ПДК (ОДК) пестицидов и средств защиты растений, а также подвижных форм химических веществ в почве (валовое содержание). Значения ОДК некоторых металлов приведены в таблице 9.13.

Таблица 9.13 – Ориентировочно допустимые концентрации металлов в различных типах почв

Наименование вещества	ОДК, мг/кг почвы		
	Песчаные и супесчаные почвы	Суглинистые и глинистые, кислые почвы pH KCl < 5,5	Суглинистые и глинистые, нейтральные и близкие к ним почвы pH KCl > 5,5
Кадмий	0,5	1,0	2,0
Медь _п	33,0	66,0	132,0
Никель	20,0	40,0	80,0
Цинк	55,0	110,0	220,0

Основными характеристиками загрязнения почв неразлагаемыми и трудномигрирующими веществами, особенно тяжелыми металлами (ТМ), способными накапливаться в почвенном горизонте, являются показатели *геохимиче-*

ских антропогенных аномалий (ГАА). Одним из показателей ГАА является коэффициент концентрации загрязнения почвы (ККЗ), вычисляемый по формуле:

$$ККЗ = C/ПДК_n,$$

где C – содержание загрязняющего вещества в почве, мг/кг;

$ПДК_n$ – предельно допустимая концентрация вещества в почве, мг/кг.

В случаях, если величина $ПДК_n$ для какого-либо вещества в почве не установлена, то приближенно коэффициент концентрации загрязнения для i -го вещества ($ККЗ_i$) рассчитывают по формуле:

$$ККЗ_i = C_i/C_\phi,$$

где C_i – содержание i -го загрязняющего вещества в почве, мг/кг;

C_ϕ – фоновое содержание этого вещества в почве, мг/кг.

Фоновое или среднее содержание элементов в почве выражают в «Кларках» в честь американского геохимика Ф.У.Кларка, который впервые вычислил средний химический состав земной коры.

Фоновые содержания (Кларки) ТМ зависят от типа почв и вида загрязнителей (таблица 9.14).

Таблица 9.14 – Региональные фоновые содержания валовых форм некоторых тяжелых металлов в почвах Беларуси

Почва	Содержание металлов, мг/кг							
	Pb	Hg	Zn	Cd	Cr ⁺⁶	Ni	Cu	Co
Глинистая, суглинистая	15	0,10	45	0,12	40	20	15	8,5
Песчаная, супесчаная	6	0,05	28	0,05	30	15	11	3,0
Кларки	12	1,00	35	0,10	36	20	13	6,0
Класс опасности	I	I	I	I	I	II	II	II

Как правило, ГАА характеризуются многокомпонентным составом загрязнителей. Поэтому для оценки их суммарного воздействия принят *показатель загрязнения почвы (Z_c)*, определяемый как

$$Z_c = \sum_{i=1}^n ККЗ_i,$$

где n – число элементов, по которым устанавливается ГАА.

Полезным для оценки загрязнения почв является показатель *пылевой нагрузки (Pн)*, кг/км²·сут., или *показатель нагрузки для конкретного изучаемого вещества*.

Иногда для оценки уровня загрязнения почв ТМ используют *цинковый эквивалент*, который определяется как сумма концентраций металлов, умноженных на соответствующий коэффициент токсичности (например, для Zn равный 1, Cd – 50, Ni – 8 и Cu – 2).

В зависимости от фактического или прогнозируемого содержания ТМ в почве оценивается степень ее загрязнения по шкале:

- незагрязненные – содержание ТМ не превышает региональные фоновые Кларки;
- слабозагрязненные – содержание ТМ не более 2 Кларков (ориентировочная ПДК для почв);
- среднезагрязненные – содержание ТМ в пределах 2-5 Кларков;
- сильнозагрязненные – содержание ТМ более 5 Кларков или более 2 ПДК.

Чаще всего выше допустимых значений санитарно-гигиенических норм почвы городов загрязнены свинцом (до 370 мг/кг), цинком (до 429-441 мг/кг), кадмием (до 1,3-3,5 мг/кг) и медью (до 86-137,7 мг/кг).

При интегральной оценке степени загрязнения почв веществами органического происхождения (гербицидами, пестицидами и пр.) пользуются величинами ПДК этих веществ в почве и соответствующими классами опасности (таблица 9.15).

Таблица 9.15 – Степень загрязненности почв органическими веществами

Содержание вещества в почве, мг/кг	Класс опасности вещества		
	I	II	III
Более 5 ПДК	Очень сильная	Сильная	Средняя
От 2 до 5 ПДК	Сильная	Средняя	Слабая
От 1 до 2 ПДК	Средняя	Слабая	Слабая

При наличии в почве нескольких загрязнителей допускается проводить оценку степени опасности по веществу с максимальным его содержанием с учетом класса опасности.

Состояние почв может также характеризоваться генотоксичностью (рост количества мутаций по сравнению с контрольным уровнем) и показателями биологического загрязнения (число патогенных микроорганизмов, коли-титр, содержание яиц гельминтов). Для селитебных территорий состояние почв можно считать удовлетворительным при:

- числе патогенных микроорганизмов в 1 г почвы менее 104;
- коли-титре – более 1;
- генотоксичности почвы – не более 2.

Загрязнение почвы является индикатором состояния окружающей среды и оказывает как прямое, так и косвенное влияние на здоровье населения, проживающего на этой территории (таблица 9.16).

Таблица 9.16 – Ориентировочная шкала оценки опасности загрязнения почв

Категория загрязнения	Величина воздействия	Состояние атмосферного воздуха	Показатель загрязнения снегового покрова и почвы	Показатель здоровья населения
Допустимое	Слабое	ПДК по приоритетным загрязнителям (пыль, CO, NO _x , SO ₂) не превышаются	Z _c для: почвы – менее 16, снегового покрова менее – 64	Наиболее низкий уровень заболеваемости детей и минимальная частота встречаемости функциональных отклонений
Среднее, умеренно-опасное	Умеренное	Превышение ПДК отдельных загрязняющих веществ (пыль, CO, NO _x , SO ₂). Содержание ТМ выше фона	Средний уровень загрязнения почв (Z _c =16-32) и снегового покрова (Z _c =64-128). Повышенная запыленность снегового покрова (среднесуточная нагрузка 250-450 кг/км ²). Содержание свинца в почве более 100 мг/кг	Увеличение общей заболеваемости
Опасное	Сильное	Превышение ПДК комплекса загрязняющих веществ (пыль, CO, NO _x , SO ₂). Содержание отдельных ТМ выше ПДК	Высокий уровень загрязнения почв (Z _c =32-128) и снегового покрова (Z _c =128-256). В составе присутствуют вещества 1-го класса опасности (Pb, Cd, Hg) в высоких концентрациях (ККЗ>10). Повышенная запыленность снегового покрова (среднесуточная нагрузка 450-800 кг/ км ²). Содержание свинца в почве – более 250 мг/кг	Увеличение общей заболеваемости, числа болеющих детей, детей с хроническими заболеваниями, нарушениями функционального состояния сердечно-сосудистой системы
Чрезвычайно опасное	Очень сильное	Превышение ПДК (иногда многократное) комплекса загрязняющих веществ, в том числе ТМ	Очень высокий уровень загрязнения почв (Z _c >128) и снегового покрова (Z _c >256). В составе присутствуют вещества 1-го класса опасности (Pb>400 мг/кг, Hg>2,1 мг/кг), что является индикатором превышения ПДК этих элементов в воздухе. Очень высокая запыленность снегового покрова (среднесуточная нагрузка более 800 кг/ км ²)	Увеличение заболеваемости детского населения, нарушение репродуктивных функций женщин (увеличение токсикозов при беременности, числа преждевременных родов и др.)

9.3. Нормирование допустимого воздействия на окружающую среду

9.3.1. Нормирование поступления загрязняющих веществ в атмосферу

Объекты воздействия на атмосферный воздух относятся к определенной категории на основании:

- количественного и качественного состава выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников выбросов, находящихся на объекте воздействия (далее – критерий С);
- значения относительного показателя опасности объекта воздействия;
- вероятности наступления на объекте воздействия событий, имеющих неблагоприятные последствия для качества атмосферного воздуха, возникновения техногенной и экологической опасности (далее – критерий Z);
- количества стационарных источников выбросов, находящихся на объекте воздействия;
- количества мобильных источников выбросов, находящихся на объекте воздействия;
- размера зоны воздействия, исходя из значений расчетных приземных концентраций, создаваемых стационарными источниками выбросов в жилой зоне (далее – расчетная приземная концентрация)

Критерий С определяется по формуле:

$$C = \sum_{i=1}^n (M_i / ПДК_{CC})^{a_i},$$

где n – количество загрязняющих веществ, поступающих в атмосферный воздух от стационарных источников выбросов, находящихся на объекте воздействия;

M_i – масса выброса i -го загрязняющего вещества, кг/год;

$ПДК_{CC}$ – значение среднесуточной предельно допустимой концентрации или ориентировочно безопасных уровней воздействия i -го загрязняющего вещества в атмосферном воздухе населенных пунктов и мест отдыха населения, $мкг/м^3$. В случае отсутствия установленного для загрязняющего вещества значения среднесуточной ПДК (ОБУВ) для определения критерия С используются наиболее низкое значение из максимальной разовой ПДК, умноженной на 0,4, и значения ПДК загрязняющих веществ в воздухе рабочей зоны;

a_i – безразмерная константа, позволяющая соотнести степень воздействия i -го загрязняющего вещества с воздействием загрязняющего вещества 3-го класса опасности, имеющая следующие значения:

- 1,7 – для загрязняющих веществ 1-го класса опасности;
- 1,3 – для загрязняющих веществ 2-го класса опасности;
- 1,0 – для загрязняющих веществ 3-го класса опасности;
- 0,9 – для загрязняющих веществ 4-го класса опасности;
- 1,2 – для загрязняющих веществ, которым не установлен класс опасности.

Значение *относительного показателя опасности (ПО)* объекта воздействия определяется по формуле:

$$ПО = \sum_{i=1}^n (M_i / ПДК_{ср.г.}),$$

где n – количество загрязняющих веществ, поступающих в атмосферный воздух от стационарных источников выбросов, находящихся на объекте воздействия;

$ПДК_{ср.г.}$ – значение среднегодовой ПДК или ОБУВ i -го загрязняющего вещества в атмосферном воздухе населенных пунктов и мест отдыха населения ($мкг/м^3$), определяемое согласно нормативам качества атмосферного воздуха.

В случае отсутствия установленного для загрязняющего вещества значения среднегодовой ПДК для определения относительного показателя опасности объекта воздействия используется значение максимальной разовой или среднесуточной ПДК, деленное на 10 и 4 соответственно.

По критерию Z объект воздействия относится к категории особо опасных или опасных. Иные объекты воздействия относятся к неопасным.

Значения расчетных приземных концентраций рассчитываются в долях ПДК или ОБУВ загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных пунктов и мест отдыха населения без учета фоновых концентраций по отдельным веществам и (или) группам загрязняющих веществ, обладающих суммацией действия.

Категория объектов воздействия определяется на основании суммы условных баллов K_1 и K_2 .

Значения расчетных приземных концентраций и значения K_2 не рассчитываются и приравниваются к нулю в случаях:

- когда значение условных баллов K_1 менее шести;
- когда значение условных баллов K_1 более шести, но менее 10 и относительный показатель опасности объекта воздействия менее 0,1.

Условные баллы K_1 и K_2 рассчитываются по формулам:

$$K_1 = 2A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5,$$
$$K_2 = 2B_1 + B_2 + B_3$$

в соответствии с Инструкцией о порядке отнесения объектов воздействия на атмосферный воздух к определенным категориям, утвержденной Постановлением Министерства ПриООС РБ 29.05.2009 г. №30.

В зависимости от количественной оценки по этим критериям установлены 5 категорий опасности природопользователя:

- V категория опасности природопользователя – до 5 баллов;
- IV категория опасности природопользователя – от 6 до 10;
- III категория опасности природопользователя – от 11 до 16;
- II категория опасности природопользователя – от 17 до 21;
- I категория опасности природопользователя – свыше 21 балла.

Нормативы допустимых выбросов

Наиболее действенным инструментом в защите атмосферного воздуха от загрязнения вредными веществами является разработка и внедрение природопользователями следующих показателей:

- нормативов допустимой антропогенной нагрузки на атмосферный воздух;
- технологических нормативов выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух;
- нормативов содержания загрязняющих веществ в отработавших газах мобильных источников выбросов;
- нормативов допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух (НДВ);
- лимитов допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

Нормативы допустимой антропогенной нагрузки на атмосферный воздух – это величины выбросов загрязняющих веществ от объектов воздействия в атмосферный воздух, установленные для конкретной территории на определенный период времени с учетом необходимости постепенного улучшения качества окружающей среды, обеспечения устойчивого функционирования естественных экологических систем и сохранения биологического разнообразия.

Нормативы допустимой антропогенной нагрузки на атмосферный воздух устанавливаются для областей, районов, городов, их территориальных зон, особо охраняемых природных территорий и территорий, подлежащих специальной охране в рамках территориальных программ в области охраны атмосферного воздуха с учетом качества атмосферного воздуха территории, нормативов качества атмосферного воздуха, природных особенностей территории, прогноза выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, международных обязательств Республики Беларусь по ограничению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

Технологический норматив выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух – это допустимая масса выбросов, устанавливаемая в расчете на единицу сырья, производственной мощности, выпускаемой продукции, производимой энергии, выполняемой работы, объема оказываемой услуги.

Технологические нормативы выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух бывают отраслевые и индивидуальные. Отраслевые нормативы разрабатываются Республиканскими органами государственного управления, подчиненными Правительству Республики Беларусь, или по их поручению иными специализированными организациями и согласовываются с Министерством ПРиООС РБ. Индивидуальные нормативы разрабатываются природопользователем самостоятельно или с привлечением на договорной основе сторонних организаций и также согласовываются с Министерством ПРиООС РБ. Требования к разработке технологических нормативов изложены в Инструкции

о порядке разработки технологических нормативов выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, утвержденной Постановлением Министерства ПриООС РБ 08.06.2009г. № 37.

Нормативами допустимых выбросов загрязняющих веществ (НДВ) в атмосферный воздух являются *максимальные величины поступления загрязняющих веществ в атмосферный воздух, при соблюдении которых обеспечиваются нормативы качества атмосферного воздуха.*

Нормативы допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух устанавливаются для стационарных источников выбросов. К ним относятся:

- предельная масса выброса загрязняющих веществ в единицу времени (тонны в год, граммы в секунду);
- предельное значение концентрации выброса загрязняющего вещества в атмосферный воздух в мг/м^3 при нормальных условиях (температура 273 К, давлении 101,3 кПа) без поправок на содержание кислорода и влажности, а для газообразных продуктов горения топлива – в пересчете на сухой газ и определенное содержание кислорода.

Если в воздухе городов или населенных пунктов концентрация загрязняющих веществ уже превышает ПДК, а значения НДВ по объективным причинам не могут быть достигнуты, предусматривается поэтапное снижение их выброса. В этом случае фактический выброс, превышающий НДВ, называется нормативом временно допустимых выбросов (ВДВ) или временно согласованных выбросов (ВСВ).

Временно допустимый выброс – *временный норматив (масса вещества в единицу времени), устанавливаемый для стационарных источников выбросов, предприятий, регионов с учетом состояния атмосферного воздуха и социально-экономических условий развития территорий для поэтапного достижения установленных нормативов допустимых выбросов.* На каждом этапе устанавливаются ВСВ на уровне аналогичных предприятий с передовой технологией.

Проекты НДВ (ВДВ) разрабатываются природопользователями в случаях, если выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух составляют:

- более 0,1 т/год независимо от их состава;
- менее 0,1 т/год, но в их составе присутствуют вещества в количестве более 0,0001 т/год, отнесенные к I классу опасности.

НДВ устанавливается для каждого стационарного источника и каждого выбрасываемого в атмосферу вещества при условии функционирования технологического и газоочистного оборудования с полной нагрузкой. При расчете НДВ учитываются фоновые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и эффект суммации вредного действия нескольких веществ.

Срок действия проектов НДВ (ВДВ) составляет для природопользователей первой категории опасности – 4 года, второй и третьей – 5, четвертой – 6 и пятой – 10 лет.

На основании утвержденных НДВ (ВДВ) и Инструкции о порядке выдачи разрешений на выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, внесения в них изменений и (или) дополнений, приостановления, возобновления, продления срока действия разрешений на выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, прекращения их действия, утвержденной Министерством ПриООС РБ 21.05.2009 г. № 664, территориальный орган Министерства ПриООС выдает предприятию разрешение на выброс конкретного количества загрязняющих веществ в атмосферу на соответствующий срок.

Контроль за соблюдением НДВ осуществляется природопользователем систематически по графику в соответствии с Инструкцией о порядке проведения локального мониторинга окружающей среды юридическими лицами, осуществляющими эксплуатацию источников вредного воздействия на окружающую среду, утвержденной Министерством ПриООС 22.07.2004 г. № 20, Инструкцией об организации производственного контроля в области охраны окружающей среды, утвержденной Министерством ПриООС 17.03.2004 г. № 4, а также соответствующими органами государственного надзора.

9.3.2. Инвентаризация выбросов в атмосферу

В соответствии с действующим законодательством НДВ (ВДВ) устанавливается по результатам инвентаризации выбросов в атмосферу.

Инвентаризация выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух – это комплекс мероприятий, выполняемых природопользователем, включающий выявление и систематизацию сведений об источниках выделения и выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, в том числе местонахождения источников и определение качественных и количественных показателей выбросов.

Правовой основой проведения инвентаризации являются ст. 38 Закона РБ «Об охране атмосферного воздуха» и Инструкция о порядке проведения инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, утвержденная Постановлением Министерства ПриООС 23.06.2009 № 42.

Целью инвентаризации является получение исходных данных для:

- установления НДВ (ВДВ);
- оценки используемых технологических процессов на соответствие действующим ТНПА в области охраны окружающей среды;
- анализа соответствия величин выбросов загрязняющих веществ в атмосферу требованиям ТНПА;
- оценки соответствия используемых технологических процессов, техники и технологии очистки газов передовому научно-техническому уровню в стране и наилучшим доступным техническим методам;
- формирования электронных баз данных об источниках выделений загрязняющих веществ и источниках выбросов.

Природопользователи должны проводить инвентаризацию выбросов в срок не позднее, чем через два года с даты выхода на проектную мощность технологического оборудования для новых, модернизируемых или реконструи-

руемых стационарных источников выбросов, а для действующих стационарных источников – в в сроки:

- 4 года для объектов воздействия на атмосферный воздух, отнесенных к I категории опасности;
- 5 лет для объектов II и III категории опасности;
- 6 лет для объектов VI категории опасности;
- 10 лет для объектов V категории опасности.

Для проведения инвентаризации используются инструментальные, инструментально-расчетные и расчетные методы.

Как правило, инвентаризацию выбросов на предприятиях проводят в четыре этапа:

первый – подготовительный;

второй – инвентаризационное обследование;

третий – обработка и оформление результатов обследования;

четвертый – оформление акта инвентаризации.

На первом этапе необходимо:

- разработать Программу работ по инвентаризации источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферу;
- издать приказ о проведении работ по инвентаризации выбросов загрязняющих веществ;
- визуально обследовать все вентиляционные системы, газоочистные установки (ГОУ), выбросы от которых содержат загрязняющие вещества;
- определить места расположения, размеры, координаты источников выбросов загрязняющих веществ;
- осмотреть и оценить техническое состояние вентиляционных систем, оборудования источников выбросов, ГОУ.

На втором этапе проводят:

- аэродинамические испытания ГОУ и вентиляционных систем;
- отбор проб выбросов и их анализ на содержание загрязняющих веществ в воздуховодах, на входе и выходе ГОУ;
- определение эффективности работы ГОУ.

На третьем этапе осуществляют:

- систематизацию результатов испытаний и обобщение материалов по проведенным работам;
- оформление результатов испытаний вентиляционных систем и ГОУ;
- определение выбросов от источников расчетным методом (в случаях предусмотренных законодательством);
- разработка графического материала (ситуационная карта-схема, карта-схема источников выбросов) для каждой промышленной площадки.

На четвертом этапе оформляется акт инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Он оформляется в двух экземплярах

на бумажном носителе в виде одной или нескольких книг, утверждается руководителем природопользователя. Акт является основанием для подтверждения, корректировки или разработки НДВ загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

Содержание акта инвентаризации зависит от категории опасности деятельности природопользователя. К нему прилагаются карты-схемы расчетных приземных концентраций загрязняющих веществ или групп суммации, значения которых превышают в санитарно-защитной зоне значение 0,2 доли ПДК или ОБУВ с учетом фоновых концентраций этих веществ в атмосферном воздухе. В графическом материале представляются также карта-схема расположения источников выбросов на промышленной площадке (промплощадке) природопользователя и ситуационная карта-схема района расположения промплощадки.

Расчет рассеивания загрязняющих веществ в атмосферный воздух проводится по сертифицированной программе «Эколог».

Эта программа расчета приземных концентраций загрязняющих веществ в атмосфере реализует основные зависимости и положения «Методики расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий» ОНД-86.

Программа позволяет по данным об источниках выбросов примесей и условий местности рассчитывать разовые (осредненные на 20-30-минутный интервал) концентрации примесей при неблагоприятных метеорологических условиях. При этом могут оцениваться как максимальные по направлениям и заданным скоростям ветра концентрации, так и значения концентраций при фиксированных значениях скорости и направления ветра.

По программе рассчитываются приземные концентрации как отдельных веществ, так и групп веществ с суммирующимся вредным действием. Суммарное количество веществ и групп суммаций в одном расчете программным путем не ограничено и зависит лишь от времени расчета и количества свободного дискового пространства, однако в каждом источнике может содержаться информация по выбросам 20 веществ.

В расчетах учитываются нагретые и холодные выбросы точечных, линейных и площадных источников.

Общее число источников выбросов не должно превышать 10 000. Количество источников, одновременно участвующих в расчете по одному веществу или группе суммаций не более 1 300 (1 000 точечных и 300 линейных и площадных).

В качестве исходных данных по источникам выбросов используются или технические параметры (высота и диаметр устья источника, скорость, объем и температура выходящей газовой смеси), или рассчитанные (в соответствии с ОНД-86) характеристики рассеивания примесей от отдельных источников (максимальная концентрация, создаваемая описываемым источником, C_M , расстояние от источника X_M и скорость ветра U_M), – при которых эта концентрация достигается.

Учитывается влияние рельефа на рассеивание примесей (с помощью введения поправок на рельеф для источников) и фоновая концентрация примесей, дифференцированная по скоростям и направлениям ветра и по расположению постов наблюдений за фоном. При этом программа позволяет оценить фоновое загрязнение воздуха без учета вклада указанных ей источников, что упрощает расчет загрязнения воздуха для реконструируемых предприятий, т.к. дает возможность в одном расчете оценить фоновое загрязнение с учетом их вклада после реконструкции.

В результате расчетов выдаются значения приземных концентраций в расчетных точках в мг/м^3 и в долях ПДК. Эти значения сведены в таблицы, отображающие упорядочение точек на местности.

Выдаются также карты изолиний концентраций вредных веществ на местности в задаваемом пользователем масштабе.

Для каждой расчетной точки могут выдаваться вклады в концентрацию в этой точке от промплощадок, предприятий и источников, указанных пользователем или наибольших (до 4-х вкладов), и номера объектов, дающих эти вклады.

В настоящее время для расчета выбросов загрязняющих веществ в атмосферу все чаще используют удельные показатели эмиссии загрязнителей на единицу продукции. Для этого разработаны технические кодексы установившейся практики (ТКП), в которых приводится методика проведения расчетов с соответствующим программным обеспечением, например ТКП 17.08-01-2006 (02120) «Порядок определения выбросов при сжигании топлива в котлах теплопроизводительностью до 25 МВт»; ТКП 17.08-03-2006 (02120) «Правила расчета выбросов механическими транспортными средствами в населенных пунктах» и др.

Это позволяет в некоторых случаях отказаться от проведения длительной и дорогостоящей инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферу и упростить процедуру получения разрешения на выброс и соответственно уплату экологического налога.

Лимиты допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух устанавливаются региональными органами Министерства ПриООС для каждого населенного пункта, особо охраняемых территорий, иных территорий с учетом существующего фонового загрязнения атмосферы, комплексных территориальных схем развития, международных обязательств республики по сокращению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.

9.3.3. Нормирование сбросов в водные объекты

Сброс возвратных вод в водные объекты является одним из видов *специального водопользования* (водопользования с применением сооружений или технических устройств) и осуществляется на основании разрешения территориальных органов Министерства ПриООС РБ.

Условия отведения возвратных вод в водоемы определяются с учетом степени смешения стоков с водой водного объекта в контрольном створе и фоновом составе и свойств воды водных объектов в местах выпуска сточных вод. На основании расчетов для каждого выпуска возвратных вод устанавливаются *нормативы допустимого сброса (НДС)* веществ в водные объекты.

Норматив допустимого сброса в поверхностные водоемы химических и иных веществ, содержащихся в сточных водах, *представляет собой массу загрязняющего вещества в сточных водах, максимально допустимую к сбросу в водный объект в установленном режиме в единицу времени с целью обеспечения нормативов качества воды в контрольном створе водного объекта.* НДС устанавливается с учетом ПДК веществ в местах водопользования, ассимилирующей способности водного объекта и оптимального распределения массы сбрасываемых веществ между водопользователями.

Ассимилирующая способность водного объекта – это способность водного объекта принимать определенную массу веществ в единицу времени без нарушения норм качества воды в контролируемом створе или пункте водопользования.

При установлении НДС расчетный расход сбрасываемых вод принимается как максимальный среднегодовой за фактический период работы.

Проекты НДС разрабатываются водопользователями в соответствии с Инструкцией по нормированию сбросов сточных вод в поверхностные водные объекты, утвержденной Министерством ПриООС 20.01.2006 г. № 2, и утверждаются территориальным органом Министерства ПриООС для предприятий, учреждений и организаций, имеющих или проектирующих самостоятельные выпуски сточных вод в водные объекты, прежде всего в зонах повышенного загрязнения. В проекте НДС указывается организация (учреждение) водопользователя; его юридический адрес; наименование и адрес организации, разработавшей проект НДС; выпуск (согласно прилагаемой схеме); категория сточных вод; место сброса сточных вод; фактический расход сточных вод; утвержденный расход сточных вод для установления НДС ($\text{м}^3/\text{ч}$); утвержденный предельно допустимый сброс и состав сточных вод. Сброс веществ, не указанных в проекте НДС, водопользователю запрещен.

Значения НДС действительны на период, установленный территориальными органами Министерства ПриООС, с дальнейшей корректировкой их в сторону уменьшения.

Если установленные согласно расчетам нормативы допустимого сброса по техническим причинам не могут быть достигнуты, то органами Министерства ПриООС в разрешениях на специальное водопользование устанавливаются временные нормативы допустимого сброса (ВНДС) с поэтапным достижением расчетных показателей.

При сбросе сточных вод в водные объекты, используемые для питьевых и хозяйственно-бытовых целей, нормативы качества воды водных объектов

должны выдерживаться в контрольном створе, расположенном на расстоянии одного километра выше ближайшего по течению водозабора для хозяйственно-питьевого водоснабжения, мест купания, организованного отдыха или территории населенного пункта.

Нормативы качества воды водных объектов, используемых для рыбохозяйственных целей, должны выдерживаться на протяжении всего водного объекта или его участка, начиная с контрольного створа, расположенного на расстоянии 500 м ниже места сброса сточных вод.

Если показатели состава и свойств воды водного объекта в фоновом створе превышают нормативы качества воды для данного вида водопользования, то НДС по этим показателям устанавливается исходя из нормативов качества воды принимающего водного объекта.

При расчете НДС (ВНДС) используются средние значения за предыдущие 5 лет показатели состава и свойств сточных вод.

НДС (ВНДС) определяют по формуле:

$$\text{НДС} = q \cdot \text{ДК},$$

где q – расход сбрасываемых сточных вод, м³/ч;

ДК – допустимая концентрация загрязняющего вещества в сточных водах, мг/дм³;

$$\text{ДК} = \alpha \cdot Q \cdot (\text{ПДК} - C_{\phi}) / q + \text{ПДК},$$

где α – коэффициент смешения сточных вод с водой водотока (рассчитывается в зависимости от коэффициента турбулентной диффузии и других показателей);

Q и q – расходы воды в водотоке и сбрасываемых сточных вод, м³/с;

ПДК – норматив ПДК загрязняющих веществ в водотоке, мг/дм³;

C_{ϕ} – фоновая концентрация того же загрязняющего вещества в воде водотока выше створа выпуска сточных вод, мг/дм³.

Данные о фоновых концентрациях воды водотока, гидрометрические и гидрологические характеристики запрашиваются водопользователем в гидрометеорологической службе.

При сбросе использованных вод в городскую систему водоотведения с последующей их биологической очисткой требования к сточным водам для каждого предприятия устанавливаются территориальными предприятиями Министерства жилищно-коммунального хозяйства РБ. В случае несоблюдения указанных требований отвод производственных сточных вод в систему водоотведения населенного пункта допускается только после их предварительной очистки.

9.3.4. Нормирование образования отходов

Отходы – это вещества или предметы, образующиеся в процессе осуществления экономической деятельности и жизнедеятельности человека, но не имеющие определенного предназначения по месту их образования либо утратившие полностью или частично свои потребительские свойства. По происхождению они делятся на отходы производства и отходы потребления.

Отходы производства представляют собой отходы, образующиеся в процессе осуществления экономической деятельности (производства продукции, энергии, выполнения работ, оказания услуг), побочные и сопутствующие продукты добычи и обогащения полезных ископаемых.

Отходы потребления – это отходы, образующиеся в процессе жизнедеятельности человека, не связанной с осуществлением экономической деятельности, отходы, образующиеся в гаражных кооперативах, садоводческих товариществах и иных потребительских кооперативах, а также уличный и дворовый смет, образующийся на территориях общего пользования населенных пунктов.

Отходы разделяются по видам в зависимости от:

- агрегатного состояния: на твердые и жидкие;
- степени опасности: на опасные и неопасные;
- возможности их использования: на вторичные материальные ресурсы и иные отходы производства и потребления.

Опасные отходы – отходы, содержащие в своем составе вещества, обладающие каким-либо опасным свойством или их совокупностью, в таком количестве и виде, что эти отходы сами по себе либо при вступлении в контакт с другими веществами могут представлять непосредственную или потенциальную опасность причинения вреда окружающей среде, здоровью граждан, имуществу вследствие их вредного воздействия.

Отходы производства характеризуются степенью опасности и классом опасности опасных отходов. Для определения степени опасности используются следующие показатели:

экоотоксичность – способность отходов в случае попадания в окружающую среду представлять немедленно или со временем угрозу для нее в результате биоаккумуляции и (или) оказывать токсическое воздействие на биотические системы;

токсичность – способность отходов при попадании внутрь организма через органы дыхания, пищеварения или кожу вызывать серьезные, затяжные или хронические заболевания, включая онкологические;

взрывоопасность – способность отходов либо смеси отходов к химической реакции с выделением газов такой температуры и давления и с такой скоростью, что вызывают повреждение окружающих предметов;

пожароопасность – способность отходов (кроме классифицированных как взрывчатые) самовозгораться, легко загораться, либо вызывать или усиливать пожар при трении; самопроизвольно нагреваться при нормальных условиях или нагреваться при соприкосновении с воздухом, а затем способных самопламениться;

токсичность продуктов горения – способность отходов при горении выделять токсичные вещества, которые при попадании внутрь организма через органы дыхания, пищеварения или кожу вызывают серьезные, затяжные или хронические заболевания, включая онкологические;

реакционная способность – характеристика химической активности отходов;
инфекционность – способность отходов, содержащих живые микроорганизмы или токсины, вызывать заболевания у животных и людей.

Степень опасности и класс опасности опасных отходов установлены классификатором отходов, образующихся в РБ, утвержденным Министерством ПРиООС по согласованию с Министерством здравоохранения и МЧС РБ.

Производители отходов производства обязаны установить степень опасности отходов производства и класс опасности опасных отходов производства, если эти характеристики не указаны в классификаторе отходов, образующихся в РБ.

Степень опасности отходов производства и класс опасности опасных отходов производства устанавливаются на основании Перечня опасных для окружающей среды, здоровья граждан, имущества свойств отходов, приведенного в Инструкции о порядке установления степени опасности отходов производства и класса опасности опасных отходов производств, утвержденной совместным Постановлением Министерства ПРиООС, Министерства здравоохранения и МЧС РБ 17.01.2008 г. № 3/13/2 (таблица 9.17).

Таблица 9.17 – Степень опасности отходов производства и классы опасности опасных отходов производства по значениям опасного свойства

Опасные свойства	Классы опасности опасных отходов производства				Неопасные отходы производства
	1	2	3	4	
Экотоксичность	Чрезвычайно опасные	Высокоопасные			Неэкотоксичные
Токсичность	Чрезвычайно опасные	Высокоопасные	Умеренно опасные	Малоопасные	Нетоксичные
Показатели пожароопасности и взрывоопасности; группы горючести			Горючие	Трудногорючие	Негорючие
Токсичность продуктов горения		Чрезвычайно опасные	Высокоопасные	Умеренно опасные	Малоопасные
Температура вспышки и воспламенения		Особо опасные легко воспламеняющиеся жидкости	Легко воспламеняющиеся жидкости	Горючие жидкости	Жидкости, не имеющие температуры вспышки и воспламенения
Нижний концентрационный предел распространения пламени			Взрывоопасные		Невзрывоопасные
Реакционная способность			Высокая		Реакционная способность отсутствует
Инфекционность		Чрезвычайно инфицирующие	Потенциально инфицирующие		Неинфицированные

В соответствии с действующей Инструкцией о порядке инвентаризации отходов производства, утвержденной постановлением Министерства ПРиООС РБ 29.02.2008 № 17, все объекты хозяйственной деятельности обязаны проводить инвентаризацию отходов не реже одного раза в год специально назначенной комиссией. На основании актов инвентаризации отходов, технологических регламентов, удельных норм расходов сырья и материалов, материального баланса и другой нормативно-технической и технологической документации разрабатываются нормативы образования отходов производства, которые согласовываются территориальными органами Министерства ПРиООС сроком на 5 лет.

Порядок разработки нормативов образования отходов производства определяется Постановлением Министерства ПРиООС 22.11.2007 г. № 89 «О некоторых вопросах разработки нормативов образования отходов производства, порядка их согласования и утверждения». В этом же документе приводятся удельные показатели образования отходов для большинства производств и производственных процессов (таблица 9.18).

Таблица 9.18 – Показатели образования отходов некоторых производств

Производство (технологический процесс)	Наименование отходов	Значения удельных показателей, т/т продукции
- чугуна	шлак ваграночный гранулированный	до 8,1 кг/т чугуна
- хлористого калия	твердые галитовые отходы шламы галитовые глинисто-солевые	2,8-3,3 0,3-0,45
- серной кислоты контактным способом	шлам	1,62
- аммиака под давлением 4МПа	конденсат	1,338
- экстракционной серной кислоты	фосфогипс-дигидрат (сухой)	4,3
- полиэтилентерефталата	отходы полиэфирных волокон и нитей	0,033
- полиэтилена	полиэтиленовые жгуты, слитки, россыпь гранул и т.п.	0,010
- стекловолокна, ровинга, матов, холстов	отходы стекловолокна грубые пыль стеклянная	0,287 0,004
- эмалей	отходы эмали после зачистки оборудования	0,03
- формовых резинотехнических изделий	отходы резиновые: невулканизированные вудканизированные	0,035 0,199-0,5
- аммофоса, сложных удобрений	фосфогипс-дигидрат	4,45
- нефтяных битумов	отходы продуктов переработки нефти	4,0-7,0 кг/т перерабатываемого сырья
автомобилестроение	отходы металла	279,0 кг/т используемого металла

Продолжение таблицы 9.18

инструментальное производство	отходы металла	418,0 кг/т используемого металла
окраска изделий	отходы лакокрасочных материалов	до 25,0 кг/т лаков и красок
Производство столярных изделий (окна, двери и т.п.)	опилки, стружка кусковые отходы	% от объема используемых материалов 15-25 22-30
производство сахара	жом свекловичный (сухих веществ 8-22%) меласса (кормовая патока) свекловичный бой и хвостики свеклы	% от массы переработанной свеклы 83 3,6-5,9 3,0
переработка картофеля:		% от массы сырья в зависимости от способа очистки и сезона переработки
сушеный картофель	различные виды отходов	37,0-43,3
картофельные хлопья		40,0-44,1
картофельная крупка		41,0-43,0
крахмал	картофельная мезга	3,85%
переработка томатов	томатные вытерки с семенами	6 % от массы сырья
мукомольное зерно: пшеница, рожь, тритикале, ячмень, овес, гречиха и др.	отходы, механические потери	% к массе переработанного зерна не более 0,7-0,8; 0,7 без мойки зерна
переработка мяса (разделка туш крупного скота, овец, коз и свиней)	кость	15-17% от массы туш

Порядок согласования и утверждения нормативов образования отходов определяется Постановлением Совета Министров РБ 23.07.2010 г. № 1104 «О порядке согласования и утверждения нормативов образования отходов производства».

Нормативы разрабатываются производителем отходов производства, согласовываются с территориальными органами Министерства ПРиООС по месту выдачи разрешения на хранение и захоронение этих отходов.

Согласованные нормативы образования отходов производства утверждаются и вводятся в действие приказом производителя этих отходов.

Нормативы образования коммунальных отходов определяются Правилами определения нормативов образования коммунальных отходов, утвержденными Постановлением Министерства жилищно-коммунального хозяйства РБ и Министерства ПРиООС 27.06.2003 г. № 18/27.



Тема 10. ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА БИОСФЕРЫ

10.1. Инженерная защита атмосферы

10.1.1. Основные принципы защиты атмосферного воздуха

Атмосферный воздух является одним из основных жизненно важных элементов окружающей среды, благоприятное состояние которого составляет естественную основу устойчивого социально-экономического развития республики. Правовые и организационные основы хозяйственной деятельности в области использования воздушного бассейна закреплены Законом Республики Беларусь «Об охране атмосферного воздуха».

Охрана атмосферного воздуха – это совокупность организационных, экономических, технических, правовых и иных мероприятий, направленных на предотвращение загрязнения атмосферного воздуха, осуществляемых государственными органами, юридическими и физическими лицами.

Таким образом, основные **принципы защиты атмосферного воздуха** определяются требованиями Закона РБ «Об охране атмосферного воздуха» и заключаются в следующем:

- государственный учет и контроль за поступлением загрязняющих веществ в атмосферу и воздействием на нее вредных физических факторов;
- нормирование качества атмосферного воздуха;
- соблюдение санитарно-гигиенических требований при проектировании и эксплуатации объектов хозяйственной деятельности;
- реализация технологических и организационно-технических методов снижения объемов выбросов и вредного воздействия производства на атмосферный воздух.

Наиболее радикальной мерой защиты воздушного бассейна являются мероприятия по **экологизации технологических процессов** и, в первую очередь, создание замкнутых технологических циклов, безотходных и малоотходных технологий, исключающих поступление в атмосферу загрязняющих веществ.

Из-за масштабного загрязнения атмосферного воздуха продуктами сгорания автомобильного топлива первоочередной задачей человечества является создание экологически чистых видов транспорта, т. е. перевод существующего парка передвижных источников на такие виды топлива, которые не выделяют в окружающую среду загрязняющих веществ, – природный газ, водород, электрическая и солнечная энергия или иные.

В настоящее время существующий уровень развития многих технологий, технического состояния машин и агрегатов не позволяет в полной мере обеспечить безопасность атмосферного воздуха, поэтому на предприятиях повсеместно применяются различные методы очистки отходящих газов.

Однако прежде чем выбрать соответствующее оборудование для очистки промышленных выбросов, необходимо осуществить все возможные *организационно-технические мероприятия* для снижения валовых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу:

- совершенствование технологических процессов и оборудования;
- комплексное использование перерабатываемого сырья и продуктов;
- многократное использование энергии в процессах производства;
- организация непрерывных технологических процессов;
- повышение коэффициента полезного использования топлива и теплоты;
- более полное использование вторичных энергоресурсов ВЭР;
- облагораживание топлива (например, снижение содержания в нем серы, азота и механических примесей, добавление присадок, улучшающих условия горения и дающих экономию расхода топлива);
- использование экологически чистого топлива;
- организация процесса сжигания топлива в соответствии с научной теорией горения вещества и с минимальным образованием продуктов, загрязняющих атмосферу.

Большой эффект по снижению расхода топлива и сокращению загрязнения природной среды может быть достигнут за счет внедрения энерготехнологических схем, сочетающих процесс производства с выработкой энергии.

Если окажется, что совершенствование технологических процессов и оборудования не может обеспечить необходимое качество отходящих газов от источников загрязнения атмосферы, то в этом случае следует использовать установки очистки газов.

10.1.2. Характеристика источников загрязнения атмосферы

Под источником загрязнения атмосферы понимают объект, от которого загрязняющие вещества поступают в атмосферу.

Источники загрязнения воздушного бассейна подразделяются на *источники выделения* и *источники выбросов загрязняющих веществ*.

К *источникам выделения* относят объекты, в которых происходит образование загрязняющих веществ (технологические установки, устройства, склады сырья или продукции, аппараты, агрегаты, очистные сооружения, градирни, места хранения отходов и пр.).

Источники выбросов загрязняющих веществ в атмосферу подразделяются на *стационарные, нестационарные* и *мобильные*.

Стационарные источники выбросов подразделяются на *организованные* и *неорганизованные*. К организованным стационарным источникам выбросов относятся источники, оборудованные специальными техническими устройствами (трубы, азрационные фонари, вентиляционные шахты, дыхательные клапаны резервуаров и др.), предназначенными для локализации поступления загрязняющих веществ в атмосферный воздух, задания скорости и направления выхода газозвушной смеси, отходящей от источника выделения.

Источники выбросов, не оборудованные такими устройствами, относятся к *неорганизованным стационарным источникам*. Неорганизованные стационарные источники, в свою очередь, подразделяются на линейные и площадные. *Линейные источники* загрязнения воздушного бассейна представляют собой дороги и улицы, по которым движется транспорт.

Площадные источники – это вентиляционные фонари, окна, двери, неплотности оборудования, зданий, через которые примеси могут поступать в атмосферу, а также сооружения по очистке сточных вод, площадки хранения сыпучих материалов, отвалы горных пород, объекты захоронения отходов, объекты хранения отходов и пр.

По месту расположения источники подразделяются на *незатененные*, или *высокие* (трубы, удаляющие загрязняющие вещества на высоту, превышающую высоту здания в 2,5 и более раз); *затененные*, или *низкие* – (на высоту здания или в 2,5 раза меньшую высоты здания) и *наземные* – у земной поверхности (открытое технологическое оборудование, проливы, колодцы производственной канализации и т.д.).

К *мобильным источникам* относятся все виды транспортных средств, за исключением приводимых в движение электродвигателями. Они подразделяются на экологические классы в соответствии с СТБ 1848-2009 «Транспорт дорожный. Экологические классы» в зависимости от количественного и качественного состава выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.

К *источникам выбросов малой мощности* относятся группы источников в пределах площади круга диаметром 20 м с суммарным объемом газовоздушной смеси менее 10 м³/с, которые в расчетах учитываются как условный источник.

По режиму работы источников выбросы подразделяются на постоянные, периодические и залповые.

Выбросы загрязняющих веществ могут характеризоваться *нестационарностью* – изменением во времени качественных и количественных характеристик, обусловленным особенностями функционирования источника выделения загрязняющих веществ в атмосферу.

Промышленные выбросы в зависимости от агрегатного состояния содержащихся в них примесей подразделяются на классы:

- 1-й класс – газообразные и парообразные (SO₂, CO, NO_x, H₂S, CS₂, NH₃, углеводороды, фенолы и т.д.);
- 2-й класс – жидкие (кислоты, щелочи, растворы солей, растворы жидких металлов и их солей, органические соединения);
- 3-й класс – твердые (органические и неорганические пыли, сажа, смолистые вещества, свинец и его соединения и т. д.);
- 4-й класс – смешанные (комбинации веществ различных классов).

В зависимости от характера выбросов определены четыре группы промышленных производств:

- с условно чистыми вентиляционными выбросами и концентрацией загрязняющих веществ, не превышающей ПДК в рабочей зоне;

- с выбросами неприятнопахнущих веществ;
- с выбросами значительных количеств газов, содержащих нетоксичные или инертные вещества;
- с выбросами токсичных, раздражающих, сенсibiliзирующих, канцерогенных, мутагенных веществ, а также соединений, влияющих на репродуктивную функцию организма.

10.1.3. Промышленная и санитарная очистка выбросов загрязняющих веществ

В настоящее время улавливается около 90% пыли, образующейся на различных стадиях производства, и только 10% различных аэрозолей выбрасывается в атмосферный воздух. Газо- и парообразных загрязняющих веществ, содержащихся в газовоздушных выбросах промышленного производства, улавливается или обезвреживается только около 10%, а более 90% вредных газов и паров поступает в атмосферу.

При организации любого производства, особенно мало- или безотходного, необходимой стадией является *промышленная и санитарная очистка газовоздушных выбросов*.

Промышленная очистка – это очистка газа с целью последующей утилизации или возврата в производство отделенного от газа или превращенного в безвредное состояние продукта. Этот вид очистки является одной из необходимых стадий технологического процесса, при этом технологическое оборудование связано друг с другом материальными потоками с соответствующей обвязкой аппаратов.

Санитарная очистка – это очистка газа от остаточного содержания в нем загрязняющего вещества, при этом обеспечивается соблюдение ПДК в воздухе населенных мест или производственных помещений.

Санитарная очистка газовоздушных выбросов (ГВВ) производится перед поступлением отходящих газов в атмосферный воздух и именно на этой стадии необходимо предусматривать возможность отбора проб газов с целью контроля на содержание вредных примесей.

Выбор метода очистки отходящих газов зависит от конкретных условий производства и определяется рядом факторов, а именно:

- расходом и температурой отходящих газов;
- агрегатным состоянием и физико-химическими свойствами примесей;
- составом и концентрацией примесей;
- необходимостью рекуперации или возвращения уловленных веществ в технологический процесс;
- капитальными и эксплуатационными затратами;
- экологической обстановкой в регионе.

Газоочистная установка (ГОУ) – это сооружение или устройство, предназначенное для улавливания, нейтрализации, подавления, обезвреживания

(физическими, химическими, биологическими и другими методами) из отходящих газов или вентиляционного воздуха (далее газ) содержащихся в них загрязняющих веществ, с целью предотвращения загрязнения атмосферного воздуха. ГОУ состоят из одного или нескольких аппаратов очистки газа, вспомогательного оборудования и коммуникаций.

В зависимости от агрегатного состояния улавливаемого или обезвреживаемого вещества ГОУ подразделяются на *газоочистные* и *пылеулавливающие*.

Аппарат очистки газа – элемент установки, в котором непосредственно осуществляется избирательный процесс улавливания или обезвреживания веществ, загрязняющих атмосферу.

В таблице 10.1 приведена классификация аппаратов очистки газа по принципу действия.

Таблица 10.1 – Классификация аппаратов очистки газа

Группа аппаратов очистки	Наименование аппаратов очистки	Разновидности аппаратов очистки
группа С	сухие металлические пылеуловители	гравитационные, сухие инерционные и ротационные
группа М	мокрые пылеуловители	инерционные, конденсационные
	скрубберы	механические, ударно-инерционные, полые, насадочные, центробежные
	скрубберы Вентури	
группа Ф	промышленные фильтры	рукавные, волокнистые, карманные, зернистые
		с регенерацией импульсной обратной продувкой, ультразвуком, с механическим и вибровстряхиванием и т.п.
группа Э	электрические пылеуловители	сухие, мокрые, электрофильтры и др.
группа Х	аппараты сорбционной (химической) очистки газа от газообразных примесей	адсорберы, абсорберы и т. п.
группа Т	аппараты термической и термокаталитической очистки газов от газообразных примесей	печи сжигания, каталитические реакторы
группа Д	аппараты других методов очистки газа	биофильтры, комбинированные аппараты очистки газа и др.

Основной величиной, характеризующей работу ГОУ в промышленных условиях, является *степень очистки* η , которую определяют по одному из следующих соотношений:

$$\eta = M_2/M_1, = (M_1 - M_3)/M_1 = M_2/(M_2 + M_3) = (C_{вх}Q_1 - C_{вых}Q_3)/C_{вх}Q_1,$$

где M_1, M_2, M_3 – масса примесей, содержащихся в газе до поступления в аппарат, уловленных в аппарате и содержащихся в очищенном потоке, соответственно, кг;

$C_{ВЫХ}$ и $C_{ВХ}$ – средние концентрации примесей в отходящих газах до и после очистки, соответственно, г/м³;

Q_1 и Q_2 – объемные расходы отходящих газов до и после очистки, приведенные к нормальным условиям, м³/ч.

Определить эффективность работы газоочистного оборудования можно, используя выражение:

$$\eta = 1 - (C_{ВЫХ}/C_{ВХ}),$$

справедливое только при условии одинаковых объемных расходов газового потока до и после очистки.

Кроме того, газоочистное оборудование характеризуется:

- значениями объемного расхода очищаемого газа,
- значениями аэродинамического сопротивления,
- технологическими условиями очистки (температура, влажность газового потока, дисперсность и плотность пыли, способность ее к коагуляции и гидратации, заряд частиц пыли, физико-химические свойства примесей, пожаро- и взрывоопасность и т. д.),
- металло- и энергоемкостью,
- расходом орошающей жидкости,
- себестоимостью очистки 100 м³ газа и др.

Основные требования к эксплуатации газоочистного оборудования установлены Правилами эксплуатации газоочистных установок, утвержденными Министерством ПРиООС 14.05.2007 г. № 60:

- надежная, бесперебойная работа с показателями, соответствующими проектным;
- все установки очистки газа должны быть зарегистрированы в органах Министерства ПРиООС, иметь паспорт, инструкцию по эксплуатации, техническому обслуживанию и ремонту, а также журнал учета работы и неисправностей;
- установки должны подвергаться проверке на эффективность не реже одного раза в год с оформлением соответствующего акта, а также при работе технологического оборудования на измененном режиме более трех месяцев, при переходе его на новый постоянный режим работы и после строительства, капитального ремонта или реконструкции установки. Установки, предназначенные для очистки выбросов с токсичными примесями, проверяют на эффективность не реже двух раз в год;
- эксплуатация технологического оборудования при отключенных ГОУ запрещается;
- увеличение производительности технологического оборудования без соответствующего наращивания мощности существующих установок очистки газа не разрешается;
- при эксплуатации установок, предназначенных для очистки газов с высоким содержанием горючих, взрывоопасных, агрессивных, абразивных ве-

ществ, следует строго соблюдать правила эксплуатации и следить за герметичностью оборудования и исправностью всех его систем и устройств.

Для обеспечения безопасной и надежной работы ГОУ на предприятии приказом руководителя назначается должностное лицо, ответственное за его эксплуатацию, техническое обслуживание и ремонт.

Пылеулавливание. В соответствии с ГОСТ 12.2.043 *пылеулавливающее оборудование* в зависимости от способа отделения пыли от газовоздушного потока делится на *сухое*, когда частицы пыли осаждаются на сухую поверхность, и *мокрое*, когда отделение частиц пыли производится с использованием жидкостей.

Пылеулавливающее оборудование по принципу действия подразделяется на группы, а по конструктивным особенностям на виды, которые представлены в таблице 10.2.

Таблица 10.2 – Классификация пылеулавливающего оборудования

Группа оборудования	Вид оборудования	
	сухой способ очистки	мокрый способ очистки
Гравитационное	полое	-
	полочное	-
Инерционное	камерное	циклонное
	жалюзийное	ротационное
	циклонное	скрубберное
	ротационное	ударное
Фильтрационное	тканевое	сетчатое
	волокнистое	пенное
	зернистое	-
	сетчатое	-
	губчатое	-
Электрическое	однозонное	однозонное
	двухзонное	двухзонное

Выбор типа пылеулавливающего оборудования обусловлен дисперсностью частиц, степенью запыленности газа и требованиями к степени его очистки. В частности, подобрать соответствующий тип оборудования для очистки выбросов от пыли в зависимости от дисперсного состава аэрозолей можно по таблице 10.3.

Таблица 10.3 – Рекомендуемые аппараты для очистки ГВВ от пыли в зависимости от ее дисперсности

Размер частиц, мкм	Рекомендуемые аппараты
40-1000	Пылеосадительные камеры
20-1000	Циклоны диаметром 1-2 м
5-1000	Циклоны диаметром 1 м
20-100	Скрубберы
0,9-100	Тканевые фильтры
0,05-100	Волокнистые фильтры
0,01-10	Электрофильтры

Наиболее простыми являются *пылесадительные камеры*, в которых отделение взвешенных частиц от газа осуществляется преимущественно под действием силы тяжести. Они очень просты по конструкции, пригодны, главным образом, для грубой предварительной очистки газов и, при необходимости, одновременно для охлаждения газа. Камера представляет собой пустотелый или с полками короб прямоугольного сечения с бункером внизу для сбора пыли. Площадь сечения камеры значительно больше площади подводящих газоходов, вследствие чего газовый поток движется в камере замедленно – около 0,5 м/с, и пыль оседает.

Достоинствами пылесадительной камеры является то, что она имеет низкое аэродинамическое сопротивление, проста и выгодна в эксплуатации; недостатками – громоздкость, низкая степень очистки. Эффективность камеры можно довести до 80-85%, если сделать внутри камеры перегородки, увеличивающие время нахождения в ней газа. Обычно пылесадительные камеры встраивают в газоходы, они изготавливаются из металла, кирпича, бетона и т.д.

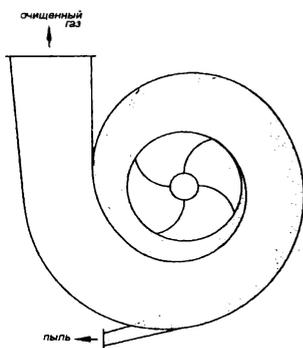
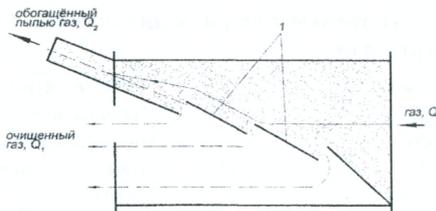


Рисунок 10.1 –
Инерционный пылеуловитель

В промышленности более широко применяются *инерционные пылеуловители* (рисунок 10.1). В этих аппаратах за счет резкого изменения направления газового потока частицы пыли по инерции ударяются об отражательную поверхность и выпадают на коническое днище пылеуловителя, откуда разгрузочным устройством непрерывно или периодически выводятся из аппарата. Наиболее простые из пылеуловителей этого типа – *пылевые коллекторы* (мешки). Они также задерживают только крупные фракции пыли, степень очистки ГВВ составляет 50-70%.

В более сложных *жалюзийных аппаратах* (рисунок 10.2) улавливаются частицы размером 50 мкм и более. Они предназначены для очистки больших объемов ГВВ. Жалюзи состоят из перекрывающихся друг друга рядов пластин или колец с зазорами 2-3 мм, причем всей решетке придается некоторая конусность для поддержания постоянства скорости газового потока.



1 – жалюзийные перегородки

Рисунок 10.2 – Жалюзийный пылеотделитель

Газовый поток, проходя сквозь решетку со скоростью 15 м/с, резко меняет направление. Крупные частицы пыли, ударяясь о наклонные плоскости решетки 1, по инерции отражаются от последней к оси конуса и осаждаются. Освобожденный от крупнодисперсной пыли газ проходит через решетку и удаляется из аппарата. Часть газового потока в объеме 5-10% от общего расхода, отсасываемого из пространства перед жалюзийной решеткой газа, содержит основное количество пыли и направляется в циклон, где освобождается от пыли, а затем присоединяется к основному потоку запыленного газа. Степень очистки газов от пыли размером более 25 мкм составляет примерно 60 %. Основными недостатками жалюзийных пылеуловителей является сложное устройство аппарата и абразивный износ жалюзийных элементов.

Широко распространенными устройствами для пылеулавливания являются **циклоны** (рисунок 10.3), действие которых основано на использовании центробежной силы.

Пылегазовая смесь тангенциально поступает в устройство 1 через штуцер 2 и приобретает направленное движение вниз по спирали. При этом частицы пыли отбрасываются центробежной силой к стенке циклона, опускаются вниз и собираются в приемном бункере 4. Из бункера пыль периодически выгружается через затвор, называемый «мигалкой». Когда нарастающая масса столба пыли над клапаном «мигалки» достигает определенной величины, клапан под тяжестью пыли открывается, сбрасывает пыль и возвращается под действием контргруза в исходное состояние. «Мигалка» должна быть отрегулирована так, чтобы пыль в бункере не накапливалась выше определенного уровня, иначе воздух, движущийся в конусной части циклона, будет захватывать и уносить с собой верхний слой осевшей пыли. Очищенный воздух выбрасывается через центральную трубу 3 из аппарата.

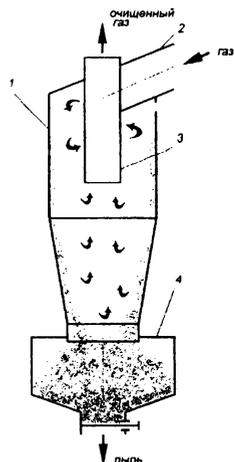


Рисунок 10.3 –
Циклон

При небольших капитальных затратах и эксплуатационных расходах циклоны обеспечивают очистку газов с эффективностью 85-98% от частиц пыли размером более 10 мкм. Циклоны рекомендуется использовать перед высокоэффективными аппаратами газоочистки (фильтры, электрофильтры). В ряде случаев достигаемая эффективность циклонов оказывается достаточной для выброса газов или воздуха в атмосферу.

Для увеличения срока службы циклонов, подвергающихся абразивному износу, в местах наибольшего износа (в нижней части конуса, во входной части улитки) рекомендуется наносить специальное противобразивное покрытие.

Исходя из компоновочных соображений, циклоны изготовляют с камерой очищенного газа в виде улитки (вентилятор устанавливается после циклона) или в виде сборника (вентилятор устанавливается перед циклоном).

При работе циклонов должна быть обеспечена непрерывная выгрузка пыли. Уровень пыли в бункере не должен подниматься выше 0,5 диаметра циклона от крышки бункера.

В обычных условиях оптимальной скоростью воздуха в цилиндрической части бункера является 4 м/с, скорость 2,5 м/с рекомендуется принимать при работе с абразивной пылью.

Известно, что эффективность улавливания пыли в циклоне прямо пропорциональна массе частиц и обратно пропорциональна диаметру аппарата. Поэтому вместо одного циклона большого размера целесообразно ставить параллельно несколько циклонов меньших размеров. Такие устройства называются *групповыми* или *батареями циклонами*. Так, например, при необходимости обеспыливания потоков газа с расходом более 5500 м³/ч можно скомпоновать группу из четырех циклонов ЦН-11 с общим пылесборником.

Для очистки больших объемов газов с неслипающимися твердыми частицами средней дисперсности можно использовать *мультициклоны*. В этих аппаратах вращательное движение пылегазового потока организуется с помощью специального направляющего устройства (розетка или винт), расположенного в каждом циклонном элементе. Мультициклоны, состоящие из элементов диаметром 40-250 мм, обеспечивают высокую (до 85-90%) степень очистки газов от мелкодисперсных частиц диаметром < 5 мкм.

Мультициклоны широко используются в производстве суперфосфата, калийных и других видов минеральных удобрений.

Циклоны являются эффективными пылеулавливающими устройствами, степень очистки которых зависит от размера частиц и может достигать 95% (при размере частиц > 20 мкм) и 85% (при размере частиц > 5 мкм).

К недостаткам циклонов всех конструкций относится сравнительно высокое аэродинамическое сопротивление (400-700 Па), значительный абразивный износ стенок аппаратов, вероятность вторичного уноса осевшей в пылесборнике пыли за счет перегрузки по газу и неплотностей. Кроме того, циклоны недостаточно эффективно улавливают полидисперсные пыли с диаметром частиц менее 10 мкм и низкой плотностью материала.

Для устранения недостатков вышеописанных циклонов разработаны *вихревые пылеуловители (ВПУ)*, которые также относятся к прямоточным аппаратам центробежного действия. Сопловые и лопаточные ВПУ используются для высокоэффективной очистки (до 99%) вентиляционных выбросов от мелкодисперсной пыли с заметным содержанием частиц с диаметром 3-5 мкм в химической, нефтехимической и других отраслях промышленности.

В тех случаях, когда допустимо увлажнение очищаемого газа, применяют *мокрые пылеуловители*, или *гидропылеуловители*. В этих аппаратах запыленный поток соприкасается с жидкостью. Мокрые пылеуловители отличаются от сухих более высокой эффективностью при сравнительно небольшой стоимости.

Они особенно эффективны для очистки газоздушных выбросов, содержащих пожаро- и взрывоопасные, а также слипающиеся вещества. Аппараты мокрой очистки можно использовать для очистки газов от мелкодисперсных пылей с размером частиц от 0,1 мкм, а также от газо- и парообразных вредных веществ.

Конструкции аппаратов для мокрой очистки газоздушных выбросов чрезвычайно разнообразны, как и производственные условия, в которых они эксплуатируются. Мокрые пылеуловители подразделяются на пять групп:

- 1 - скрубберы;
- 2 - мокрые центробежные пылеуловители;
- 3 - турбулентные пылеуловители;
- 4 - пенные аппараты;
- 5 - вентиляторные пылеуловители.

Наиболее простыми и распространенными аппаратами для очистки и охлаждения газов являются *полые* (рисунок 10.4) и *насадочные скрубберы*. Они представляют собой вертикальные цилиндрические колонны 1, в нижнюю часть которых через патрубок 3 вводится запыленный газ, а сверху, через форсунки 2, подают распыленную жидкость. Очищенный газ отводится из верхней части аппарата, а вода с уловленной пылью в виде шлама собирается внизу скруббера. Степень очистки от пыли с частицами размером более 5 мкм может достигать более 90%.

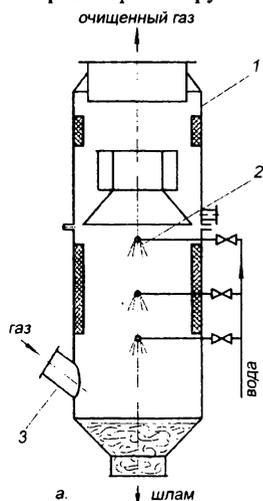


Рисунок 10.4 –
Полый скруббер

Наиболее высокие результаты очистки достигаются при использовании форсунок грубого распыла, образующих капли диаметром 0,5-1,0 мм. Для снижения брызгоуноса скорость очищаемого газа в скруббере не должна превышать 1,0-1,2 м/с.

Для полых скрубберов плотность орошения составляет $5-10 \text{ м}^3/\text{ч}\cdot\text{м}^2$, гидравлическое сопротивление – порядка 250 Па. При этом достигается улавливание частиц пыли размером более 10 мкм.

Насадочные скрубберы заполняются различными насадочными телами (кольца Рашига, седла Берля, сетка, стекловолокно и т.д.), уложенными на опорной решетке. Одновременно с улавливанием пыли на сложной поверхности насадочных тел может происходить и абсорбция отдельных компонентов газовой смеси. Гидравлическое сопротивление насадочного скруббера зависит от скорости газа (обычно она составляет 0,8-1,25 м/с), плотности орошения, высоты насадки, некоторых других параметров и находится в пределах 300-800 Па.

Центробежные мокрые пылеуловители являются самой многочисленной группой разделительных аппаратов самого различного назначения. Наиболее характерным примером такого аппарата является циклон с водяной пленкой (типа ЦВП).

Пылеуловители типа ЦВП с диаметром конуса от 315 до 1000 мм рассчитаны на производительность по газу 1000-20000 м³/ч. Удельный расход воды на орошение аппарата диаметром 1000 мм равен примерно 0,05 л/м³ газа. Гидравлическое сопротивление аппаратов ЦВП находится в пределах 400-2000 Па. Рассмотренные пылеуловители отличаются стабильностью в работе в широком диапазоне расходов по газу и расходу орошающей воды при минимальном брызгоуносе. Изменение нагрузки по газу на 30% не оказывает существенного влияния на эффективность пылеулавливания.

Из турбулентных пылеуловителей в последние годы широкую популярность завоевали *скрубберы Вентури*, высокая эффективность которых позволяет обеспечить очистку газа практически для любой концентрации улавливаемой пыли. Эти аппараты просты в изготовлении, монтаже и эксплуатации, характеризуются небольшими габаритами.

В скруббере Вентури запыленный газ через конфузор подается в горловину, где вследствие уменьшения живого сечения аппарата скорость потока возрастает до 30-200 м/с. Вода подается в зону конфузора. При смешивании с потоком газа она диспергируется на мелкие капли. В горловине и диффузоре частицы пыли, содержащиеся в запыленном воздухе, соединяются с капельками воды, увлажняются, коагулируют и в виде шлама выделяются в сепараторе (каплеуловителе). Вода в скруббер может подаваться различными способами, однако наибольшее распространение получила схема с центральным подводом жидкости в конфузор.

Скрубберы Вентури по исполнению могут быть круглого и щелевого сечения, вертикальные, горизонтальные и наклонные. Удельное орошение в скрубберах этого типа составляет 0,1-6 л/м³ очищаемого газа. Частицы пыли размером более 10 мкм извлекаются из газового потока практически полностью. В зависимости от величины гидравлического сопротивления скрубберы Вентури бывают низконапорными с $\Delta P < 5$ кПа и высоконапорными с $\Delta P = 5-25$ кПа.

В качестве каплеуловителей используются почти все известные типы гидромеханических аппаратов для разделения неоднородных систем (сепараторы, циклоны, пенные аппараты, электрофильтры и др.). Чаще всего применяются циклоны самых различных типов.

Эффективность скрубберов Вентури зависит от скорости газа в горловине трубы, концентрации и дисперсного состава пыли, ее физико-химических свойств, расхода жидкости на орошение и других факторов.

В некоторых случаях оправдано использование *пенных аппаратов*, в корпусе 1 которых запыленный поток воздуха проходит через слой жидкости 2 со

скоростью 2-3 м/с (превышающую скорость свободного всплывания пузырьков воздуха при барботаже), в результате чего создаются условия для образования слоя высокотурбулизированной пены. Пенные аппараты поставляются двух типов: с провальной и переливной решетками 3. По исполнению пенные аппараты могут быть круглого, прямоугольного и квадратного сечения (рисунок 10.5).

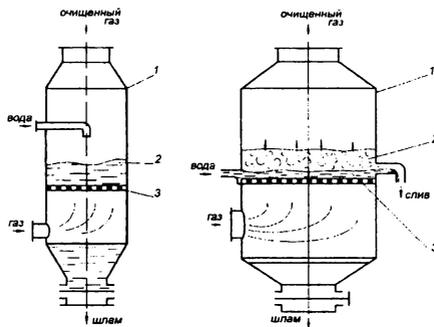


Рисунок 10.5 – Барботажно-пенный пылеуловитель с провальной (а) и переливной (б) решетками

Основным недостатком пенных аппаратов является чувствительность к колебаниям расхода очищаемого газа. При этом оказывается невозможным поддерживать слой пены на всей площади решетки: при расходах газа меньше оптимальных пена не может равномерно образовываться на всей поверхности решетки, при больших – слой пены также неравномерен и даже сдувается в некоторых местах. Это приводит к прорыву неочищенных газов, повышенному брызгоуносу и, как следствие, к резкому снижению эффективности аппарата. Кроме того, при орошении решеток аппарата рассолами при минерализации солей 270-360 г/л наблюдается зарастание решеток и внутренней части пылеуловителя отложениями солей и пыли, что приводит к потере работоспособности оборудования.

К *вентиляторным пылеуловителям* относятся сухие и мокрые ротоклоны, которые широко используются за рубежом. По существу они представляют собой комбинированные пылеуловители, принцип действия которых основан на осаждении пыли орошаемыми поверхностями, действии инерционных и центробежных сил, распылении воды и т.д.

Одним из представителей вентиляторных пылеуловителей является *центробежный ротационный пылеуловитель (ЦРП)*, разработанный для очистки газов от неаглолирующих пылей с размером частиц 1-5 мкм. При большой запыленности газа (более 50 г/м³) целесообразно на первой ступени использовать циклон.

В последние годы в промышленности республики широко внедряются *ударно-инерционные аппараты* типа ПВМ для очистки 10, 20, 40 тыс. м³/ч

воздуха, удаляемого вытяжными вентиляционными системами, от пыли средней и малой дисперсности. Они могут применяться во всех отраслях промышленности, а также для улавливания взрывоопасных и пожароопасных пылей, за исключением случаев, когда улавливаемая пыль способна цементироваться или кристаллизоваться в воде, образуя плотные отложения, или реагировать с водой с образованием вредных или опасных газов.

Эффективность мокрых пылеуловителей зависит в большей степени от смачиваемости пыли. При улавливании плохо смачивающейся пыли в орошающую воду вводят поверхностно-активные вещества (ПАВ).

К недостаткам мокрого пылеулавливания относятся: большой расход воды, сложность выделения уловленной пыли из шлама, возможность коррозии оборудования при переработке агрессивных газов, значительное ухудшение условий рассеивания через заводские трубы отходящих газов за счет снижения их температуры. Кроме того, мокрые пылеуловители требуют значительного расхода электроэнергии для подачи и распыления воды.

Одним из наиболее совершенных способов выделения из воздуха взвешенных твердых частиц является его фильтрация через сухие цельные, сыпучие и комбинированные перегородки. Этот способ характеризуется высокой степенью очистки воздуха; возможностью улавливания частиц загрязнений при любом давлении воздуха; использованием химически стойких материалов; стабильностью процесса очистки; простотой эксплуатации. Возможности применения *промышленных воздушных фильтров-пылеуловителей с перегородками* значительно расширяются в связи с внедрением новых пористых перегородок из синтетических, стеклянных и металлических волокон, пористых пластических масс, пористой металлокерамики, шлаковаты и др.

В связи с возросшими требованиями к степени очистки газов в последние годы четко выявляется тенденция к увеличению доли использования фильтров по сравнению с аппаратами мокрой очистки и электрофильтрами. Это связано с повышением требований к качеству очистки и удорожанием воды, необходимой для мокрой очистки газов, расширением производства новых фильтровальных материалов из синтетических волокон, возможностью совмещения в тканевом фильтре функций улавливания твердых частиц и очистки от газообразных компонентов.

Фильтрами называются устройства, в которых запыленный воздух пропускается через пористые материалы, способные задерживать или осаждать пыль. Очистку от грубой пыли проводят в фильтрах, заполненных коксом, песком, гравием, насадкой различной формы и природы. Для очистки от тонкодисперсной пыли применяют фильтрующие материалы типа бумаги, сетки, нетканых материалов, войлока или ткани различной плотности. Бумагу используют для очистки атмосферного воздуха или же газа с низким содержанием пыли.

В промышленных условиях применяют *тканевые* или *рукавные* фильтры. Они имеют форму барабана, матерчатых мешков или карманов, работающих

параллельно. Частицы пыли, оседая на фильтрующий материал, создают слой с порами, меньшими, чем у фильтрующего материала, поэтому улавливающая способность слоя пыли возрастает, но вместе с этим увеличивается и его аэро-статическое сопротивление. С течением времени слой пыли уплотняется, сопротивление его увеличивается, поэтому его приходится удалять встряхиванием фильтрующего материала, обратной продувкой струей воздуха или другими способами.

Тканевые рукава изготавливаются из хлопка, шерсти, лавсана, нейлона, полипропилена, тефлона, стекловолокна и других материалов. Часто на ткань наносится силиконовое покрытие с целью повышения изгибостойчивости, термостойкости, стойкости к усадке, абразивному износу или улучшению регенерации ткани. Выбор фильтрующего материала зависит от условий его эксплуатации. Степень очистки газов от пыли при правильной эксплуатации фильтров может достигать 99,9%.

Недостатками рукавных фильтров являются трудоемкость ухода за тканью рукавов и большая металлоемкость аппаратов, т.к. натягивание рукавов осуществляется с помощью грузов. Фильтр большой единичной мощности содержит около 100 000 рукавов и для их натягивания приходится затрачивать около 200 т металла.

Для тонкой очистки запыленных газов и улавливания ценных аэрозолей из отходящих газов применяется *металлокерамический фильтр* ФМК. Фильтрующие элементы, собранные из металлокерамических трубок, закреплены в трубной решетке и заключены в корпус фильтра. На наружной поверхности фильтрующего элемента образуется слой уловленной пыли. Для разрушения и частичного удаления этого слоя предусмотрена обратная продувка сжатым воздухом. Степень очистки газов от пыли составляет 99,99%.

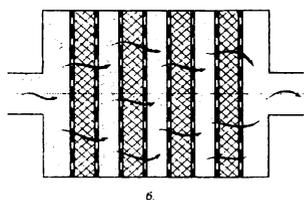
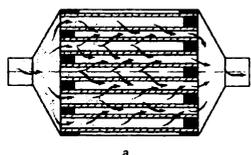


Рисунок 10.6 – Фильтры-сажеуловители с сотовой (а) и многослойной (б) насадкой

В промышленности для тонкой очистки газов от пыли и токсичных примесей широко используется большое количество конструкций фильтров из пористых материалов. К ним относятся фильтры с полужесткими фильтровальными перегородками из ультратонких полимерных материалов, обладающих термостойкостью, механической прочностью и химической стойкостью. Среди множества конструкций фильтров этого типа наиболее широкое распространение получили *рамочные фильтры*.

Известно много конструкций *насадочных фильтров коробчатого типа* с насадкой из стекловолокна, шлаковаты и других волокнистых материалов (рисунок 10.6).

Толщина насадки 100 мм при плотности набивки 100 кг/м^3 и скорости фильтрации 0,1-0,3 м/с. Аэродинамическое сопротивление таких фильтров составляет 450-900 Па. Коробчатые или кассетные фильтры используются обычно для очистки вентиляционных газов при низких температурах (30-40°C) и не-большой начальной запыленности порядка $0,1 \text{ г/м}^3$.

Для санитарной очистки вентиляционного воздуха, содержащего туман и брызги кислот, щелочей и других аэрозолей, широко используются *волокнистые фильтры* типа ФВГ-Т. Внутри корпуса фильтра размещены кассеты с фильтрующим материалом, наложенным на каркас и прижатым решеткой из пруткового материала. Кассеты изготавливаются в виде вертикально расположенных складок. Установка и смена их осуществляется через монтажный люк. Фильтр работает в режиме накопления уловленного продукта на поверхности фильтрующего материала с частичным стоком жидкости. По достижении перепада давления 500 Па фильтр подвергается периодической промывке (обычно один раз в 15-30 суток) с помощью переносной форсунки, вводимой через люк.

Разработаны и выпускаются фильтры пяти типоразмеров производительностью от 3,5 до $80,0 \text{ м}^3/\text{ч}$. Фильтр ФВГ-1,6 изготавливается в правом и левом исполнении в зависимости от стороны обслуживания, остальные – с двухсторонним обслуживанием. Фильтрующим материалом служит иглопробивной войлок (диаметр волокон 70 мкм) с толщиной слоя 4-5 мм.

Фильтры РИФ, ФК, РИФ-ФК, разработанные НПООО «Экофил-Деко» (Беларусь), с ионообменным фильтрующим материалом Фибан предназначены для очистки воздуха от токсичных газов и паров, аэрозолей кислот, щелочей и солей в вытяжных, приточных и рециркуляционных системах химической, машиностроительной, электронной, металлургической промышленности, при производстве строительных материалов и в других отраслях промышленности. Очистка воздуха и газов в ионообменных фильтрах происходит в результате химических реакций между молекулами газов, аэрозолей и функциональными группами ионообменных волокнистых материалов Фибан, являющихся основой фильтрующих элементов. Очистке подвергаются газы с содержанием токсических примесей от 1 до 500 мг/м^3 при температуре от +1 до +60°C. Благодаря химическому связыванию вредных веществ ионообменными фильтроматериалами, достигается высокая (90-98 %) степень очистки. Эффективность очистки практически не зависит от колебаний концентрации загрязняющего компонента и скорости воздушного потока. Фильтры характеризуются возможностью очистки нагретого воздуха (до 60°C); воздуха с низким и высоким влажностным содержанием (10-100 отн. %). Линейная скорость фильтрации 3 м/с. Продолжительность регенерации фильтра – 1 мин.

Электрофильтры (рисунок 10.7) применяются для очистки запыленных

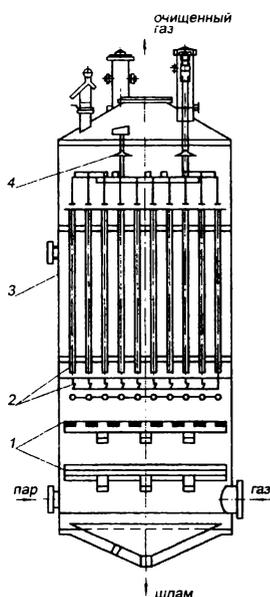


Рисунок 10.7 –
Электрофильтр

газов от наиболее мелких частиц пылей, туманов размером до 0,01 мкм. Промышленные электрофильтры делятся на две группы: одноступенчатые (однозонные), в которых одновременно происходит ионизация и очистка воздуха, и двухступенчатые (двухзонные), в которых ионизация и очистка воздуха проводятся в разных частях аппарата.

По конструкции электрофильтры делятся на пластинчатые и трубчатые, горизонтальные и вертикальные, двупольные и многопольные, одно- и многосекционные, сухие и мокрые.

Постоянный электрический ток высокого напряжения (50-100 кВ) в электрофильтр подают на так называемый коронирующий 3 (обычно отрицательный) и осадительный 2 электроды. Электрофильтры обеспечивают высокую степень очистки. При скоростях газа в трубчатых электрофильтрах от 0,7 до 1,5 м/с, а в пластинчатых от 0,5 до 1,0 м/с, можно достичь степени очистки, близкой к 100%. Эти фильтры обладают высокой пропускной способностью. Недостатками электрофильтров являются их высокая стоимость и сложность в эксплуатации.

Ультразвуковые аппараты используются для повышения эффективности работы циклонов или рукавных фильтров. Ультразвук со строго определенной частотой приводит к коагуляции и укрупнению частиц пыли. Наиболее распространенными источниками ультразвука являются разного типа сирены. Относительно хороший эффект ультразвуковые пылеуловители дают при высокой концентрации пыли в очищаемом газе. Чтобы увеличить эффективность работы аппарата, в него подают воду. Ультразвуковые установки в комплексе с циклоном применяют для улавливания сажи, тумана различных кислот.

10.1.4. Обработка выбросов от газообразных и паробразных примесей

Удаление вредных примесей из газовойоздушных выбросов достигается *очисткой, обезвреживанием, обеззараживанием и дезодорацией.*

Очистка – это удаление (выделение, улавливание) примесей из различных сред.

Обезвреживание – это процесс обработки примесей до безвредного для людей, животных, растений и в целом для окружающей среды состояния.

Обеззараживание – это инактивация (дезактивация) микроорганизмов различных видов, находящихся в газовойоздушных выбросах, жидких и твердых средах.

Дезодорация – это процесс обработки одорантов (веществ, обладающих запахом), содержащихся в воздухе, воде или твердых средах, с целью устранения или снижения интенсивности запахов.

Очистка выбросов от газообразных и парообразных примесей производится *абсорбцией жидкостями и адсорбцией твердыми поглотителями*.

Абсорбция – это процесс поглощения газов или паров из газовых или паровых смесей жидкими поглотителями – абсорбентами. Различают физическую и химическую абсорбцию. При *физической абсорбции* молекулы поглощаемого вещества (абсорбтива) не вступают с молекулами абсорбента в химическую реакцию. При этом над раствором существует определенное равновесное давление компонента. Процесс абсорбции проходит до тех пор, пока парциальное давление целевого компонента в газовой фазе выше равновесного давления над раствором.

При *химической абсорбции* молекулы абсорбтива вступают в химическое взаимодействие с активными компонентами абсорбента, образуя новое химическое соединение. При этом равновесное давление компонента над раствором ничтожно мало по сравнению с физической абсорбцией и возможно полное его извлечение из газовой среды.

Процесс абсорбции является избирательным и обратимым. *Избирательность* – это поглощение конкретного целевого компонента (абсорбтива) из смеси при помощи абсорбента определенного типа. Процесс является обратимым, т.к. поглощенное вещество может быть снова извлечено из абсорбента (десорбция), а абсорбтив снова может быть использован в процессе.

Применяемые абсорбенты должны хорошо растворять извлекаемый газ, иметь минимальное давление паров, чтобы возможно меньше загрязнять очищаемый газ парами поглотителя, быть дешевыми, не вызывать коррозию аппаратуры. Так, для очистки газов от диоксида углерода в качестве абсорбентов используются вода, растворы этаноламинов, метанол.

Очистка от сероводорода осуществляется при помощи растворов этаноламинов, водными растворами Na_2CO_3 , K_2CO_3 , NH_3 (с последующим окислением поглощенного H_2S кислородом воздуха с получением элементарной серы).

Для очистки газов от диоксида серы используются аммиачные методы, известковый метод, марганцевый метод.

Для удаления оксида углерода его абсорбируют медно-аммиачными растворами.

Процесс абсорбции протекает на поверхности раздела фаз, поэтому абсорбер должен иметь возможно более развитую поверхность соприкосновения между жидкостью и газом.

По способу образования этой поверхности абсорберы можно разделить на поверхностные, насадочные и барботажные.

Поверхностные абсорберы малопроизводительны и используются для поглощения только хорошо растворимых газов. Наиболее распространенными универсальными видами являются *насадочные абсорберы*. Они имеют более развитую поверхность соприкосновения, просты по устройству, надежны. Их

широко применяют для очистки газов от оксидов азота, SO_2 , CO_2 , CO , Cl_2 и некоторых других веществ.

Более компактными, но и более сложными по устройству являются *барботажные абсорберы*, в которых газ барботируется через слой абсорбента, размещенного в колонне на тарелках (рисунок 10.5).

Еще более совершенными являются *пенные абсорберы*. В этих аппаратах жидкость, взаимодействующая с газом, приводится в состояние пены, что обеспечивает большую поверхность контакта между абсорбентом и газом, а следовательно, и высокую эффективность очистки.

В общем случае в качестве абсорберов могут использоваться любые массообменные аппараты, используемые в химической промышленности.

Адсорбция – основана на избирательном извлечении вредных компонентов из газа при помощи абсорбентов – твердых веществ с развитой поверхностью. Абсорбенты должны обладать высокой поглотительной способностью, избирательностью, термической и механической стойкостью, низким сопротивлением потоку газа, легкой отдачей адсорбированного вещества. В качестве абсорбентов применяют активированный уголь, силикагель, синтетические и природные цеолиты. Цеолиты (молекулярные сита) – это синтетические алюмосиликатные кристаллические вещества, обладающие большой поглотительной способностью и высокой избирательностью даже при весьма низком содержании определенного вещества (адсорбтива) в газе.

При помощи абсорбентов газы очищаются в основном от CO_2 , сернистых соединений, углеводородов, растворителей, *n*-ксилола, сероуглерода и др.

Адсорбцию осуществляют в основном в *адсорберах периодического действия*.

Десорбцию ведут обычно острым паром, подаваемым снизу, который выносит из сорбента поглощенный им продукт (адсорбат) и поступает в холодильник-конденсатор, где продукт отделяется от воды.

Адсорберы периодического действия отличаются простотой и надежностью. Недостатками их является периодичность процесса, низкая производительность и относительно небольшая эффективность.

Непрерывные процессы адсорбционной очистки газов осуществляются в кипящем слое абсорбента.

Непрерывные процессы адсорбционной очистки газов дают возможность обрабатывать относительно небольшим количеством абсорбента большие объемы газов с низкой концентрацией веществ, подлежащих удалению, и достигать при этом высокой степени очистки.

Адсорбционные процессы с аппаратами периодического действия особенно перспективны для рекуперации органических растворителей, многие из которых являются озоноразрушающими и поэтому представляют определенную опасность для окружающей среды. В связи с этим рекуперация таких ве-

ществ из вентиляционных промышленных выбросов может не только вернуть в производство ценные продукты, но и предотвратить загрязнение атмосферного воздуха.

Эффективность применения адсорбционных установок для очистки паровоздушных смесей определяется также материальными и энергетическими затратами на 1 т выделяемого компонента. Анализ работы отечественных и зарубежных промышленных установок рекуперации растворителей показывает, что на 1 т получаемого растворителя необходимо: водяного пара – 2-8 т; охлаждающей воды – 25-200 м³; электроэнергии – 50-1000 кВт·ч и активного угля – 0,22-2,5 кг.

В технике очистки и рекуперации наряду с другими методами для улавливания паров летучих растворителей применяют *методы конденсации и компримирования*.

В основе метода конденсации лежит явление уменьшения давления насыщенного пара растворителя при понижении температуры. Смесь паров растворителя с воздухом предварительно охлаждают в теплообменнике, а затем конденсируют. Достоинством метода является простота аппаратного оформления и эксплуатации рекуперационной установки. Однако проведение процесса очистки паровоздушных смесей методом конденсации осложняется, поскольку содержание паров летучих растворителей в этих смесях обычно превышает нижний предел их взрываемости. К недостаткам метода относятся также высокие расходы холодильного агента и электроэнергии и низкий процент конденсации паров растворителей (выход обычно не превышает 70-90%). Метод конденсации является рентабельным лишь при содержании паров растворителя в подвергаемом очистке потоке более 100 г/м³, что существенно ограничивает область применения установок конденсационного типа.

Метод *компримирования* базируется на том же явлении, что и метод конденсации, но применительно к парам растворителей, находящимся под избыточным давлением. Однако метод компримирования более сложен в аппаратном оформлении, т.к. в схеме улавливания паров растворителей необходим компримирующий агрегат. Кроме того, он сохраняет все недостатки, присущие методу конденсации, и не обеспечивает возможность улавливания паров летучих растворителей при их низких концентрациях.

Обезвреживание газовоздушных выбросов (ГВС). Если концентрация примесей в ГВС незначительна (десятки миллиграммов на кубометр), улавливание их экономически и технически нецелесообразно. В этих случаях необходимо использовать различные приемы обезвреживания.

Одним из современных способов обезвреживания газовоздушных выбросов с низкими концентрациями органических соединений, диоксида азота, оксида углерода, неприятнопахнущих соединений является каталитический, при котором происходит глубокое их окисление до углекислого газа и воды.

Каталитическое обезвреживание основано на каталитических реакциях, в результате которых находящиеся в газе вредные примеси окисляются и превращаются в другие соединения, безвредные или менее вредные, или же легко удаляющиеся из среды. Степень их конверсии может достигать 99,9%.

Катализаторами служат платина, палладий, рутений, а также более дешевые, но менее эффективные никель, хром, железо, медь. В качестве восстановителей применяют метан, водород, оксид углерода, природный и нефтяной газы и др. Любой из этих газов не должен содержать примесей сернистых соединений, вызывающих отравление катализатора. В качестве носителей для катализаторов используют оксид алюминия, силикагель, керамику и другие материалы.

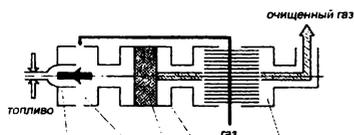


Рисунок 10.8 – Каталитический реактор

При использовании в *каталитических реакторах* (рисунок 10.8) в качестве катализатора платины, палладия или родия обеспечивается высокая степень конверсии: остаточное содержание оксидов азота не превышает $5 \cdot 10^{-4}$ % при больших объемах перерабатываемого газа. При применении других, более дешевых катализаторов степень обез-

вреживания, а также скорость процесса оказываются меньшими.

Термический метод обезвреживания получил более широкое распространение, т.к. некоторые вредные примеси трудно или невозможно полностью нейтрализовать другими методами из-за сложности их состава, низкой концентрации, а также из-за отсутствия эффективных средств улавливания. Он заключается в том, что все органические вещества полностью окисляются кислородом воздуха при высокой температуре до нетоксичных соединений. В результате выделяются минеральные продукты, вода, диоксид углерода, а также теплота, которые требуют дальнейшей их утилизации.

Метод термического окисления (дожига) органических веществ, содержащихся в отходящих газах, относится к энергоемким. Для поддержания необходимой температуры обезвреживания отходящих газов ($800-1200^{\circ}\text{C}$) используется высококалорийное топливо, поэтому преимущественно этот способ применяется для обезвреживания газов сложного состава и в тех случаях, когда возврат уловленных примесей в производство экономически нерентабелен.

Наиболее экономичным приемом термического обезвреживания газов из выбросов является их использование вместо дутьевого воздуха при сжигании высококалорийного топлива (природного газа, мазута) в действующих тепловых агрегатах, таких как печи, сушилки, топки и т.д. При этом для обеспечения надежного и качественного горения минимальное содержание кислорода в газовых выбросах должно быть около 17%.

К преимуществам термического метода обезвреживания отходящих газов относятся: отсутствие шламового хозяйства, небольшие габариты установок,

простота обслуживания, высокая эффективность, возможность обезвреживания горючих выбросов сложного состава.

Метод дожига углеводородов получает все большее распространение. Накоплен опыт термического обезвреживания воздуха, содержащего примеси стирола, формальдегида, толуола, бутилацетата и других органических веществ. Степень окисления последних составляет 99%.

С целью снижения затрат отходящие газы чаще всего сжигаются совместно с твердыми отходами, в результате чего упрощается проблема утилизации промышленных отходов в целом, а также резко снижаются энергетические и эксплуатационные затраты. С помощью современных установок термодожига можно обеспечить полную безвредность и высокую производительность этого процесса.

Одним из таких устройств является установка типа «Вихрь» для бездымного сжигания нефтепродуктов, подлежащих вторичному использованию. В этой установке совмещены функции обезвреживания газов и сжигания отходов. По простоте конструкции, надежности в работе, высокому КПД и возможности подключения теплообменников для утилизации теплоты установка «Вихрь» значительно превосходит другие агрегаты аналогичного назначения.

С целью снижения температуры обезвреживания органических примесей применяют установки сжигания, где в качестве инициатора окисления используются различные катализаторы. Тем самым достигается снижение температуры обезвреживания более чем в два раза и обеспечивается возможность нейтрализации газов с низким содержанием вредных примесей.

Особенность установок термокаталитического обезвреживания в том, что затраты энергии необходимы только в момент пуска, т.е. когда требуется подогреть газовый поток до начальной температуры каталитического окисления (300–400°C). Затем процесс протекает самопроизвольно за счет теплоты реакции окисления.

Термокаталитическое дожигание органических веществ до диоксида углерода и воды применяют в тех случаях, когда отходящие газы представляют собой многокомпонентную смесь различных органических веществ. В настоящее время разработаны типовые схемы обезвреживания выбросов от сушильных камер путем сжигания паров растворителей на поверхности катализатора. Внедрение схем, предусматривающих последующую утилизацию теплоты, позволяет достичь сокращения расхода теплоносителей не менее чем на 20% (при сжигании паров с низким содержанием горючего компонента).

Дезодорация неприятнопахнущих выбросов (НПВ), как правило, проводится для устранения запаха газовых потоков, содержащих примеси органических и неорганических веществ. Концентрация этих примесей в большинстве случаев ниже предельно допустимых значений, т.е. выбросы являются «чисты-

ми» с точки зрения санитарных норм. Однако наличие запаха не позволяет выбрасывать такие отходящие газы в атмосферу без дополнительной обработки. Установки дезодорации, предназначенные для доочистки выбросов, снижают уровень загрязнения атмосферного воздуха *одорантами*.

Чаще всего для обеззараживания газоздушных потоков используют те же методы и устройства, что и для дезодорации.

Для дезодорации и обеззараживания неприятнопахнущих выбросов (НПВ) в промышленности используют все вышеперечисленные методы термического и термокаталитического дожигания, абсорбции, адсорбции, химического и биохимического окисления, а также различные их сочетания. Содержание в ГВВ химических производств одорантов различной химической природы создает определенные трудности при выборе методов дезодорации.

Перспективным комбинированным методом устранения запахов ГВВ является *биосорбционная дезодорация* – сочетание адсорбции одорантов различными сорбентами с последующим их биохимическим окислением микроорганизмами, образующими биопленку на поверхности сорбентов, в качестве которых используют торф, древесные опилки, шлам от очистных установок, компост, песок, камни, кокс, пластмассы, антрацит, активированный уголь и т.д.

Выбор вида микроорганизмов зависит от состава очищаемого газа. Так, при наличии в ГВВ значительных количеств аммиака используются бактериоденитрификаторы, а серосодержащих соединений – бактерии-десульфаторы. Для нормальной жизнедеятельности микроорганизмов в среде должны присутствовать соединения, содержащие углерод, фосфор, азот в соотношении 100:1:5, а также кальций, магний, железо и другие элементы. Показатель кислотности среды рН поддерживается на уровне 6-8, концентрация кислорода – 0,5-1,0 мг/дм³. При этом в качестве источника углерода используются соединения, содержащиеся в ГВВ. Температура ведения процесса должна быть оптимальной для жизнедеятельности выбранного вида микроорганизмов. Для обработки ГВВ могут быть применены аппараты как с фиксированным, так и с кипящим слоем носителя.

Особенно широкое распространение получили *биофильтры*, снабженные носителем с фиксированными микроорганизмами, в которых периодически производится увлажнение носителя и подпитка микроорганизмов.

Опыт эксплуатации в Германии 100 биологических фильтров производительностью 1-30 тыс. м³/ч свидетельствует о возможности их применения для дезодорации ГВВ различного состава. Преимущества биосорбционного метода – универсальность, незначительные затраты, высокая эффективность.

Дезодорацию путем обычного биохимического окисления можно проводить в различных абсорберах. При биохимической дезодорации примесей в абсорбционной колонне суспензию аэробных бактерий помещают на тарелки, либо на элементы насадки, над которыми расположены распылители, подающие питательный раствор и абсорбент.

Абсорбционно-окислительные методы дезодорации и обеззараживания основаны на поглощении газов водой или другими поглотителями. Они нашли самое широкое применение на предприятиях химической и микробиологической промышленности. Для этого может использоваться абсорбционное оборудование различных видов, рассмотренное ранее.

Для повышения эффективности абсорбционного метода в качестве абсорбента используют растворы многих окислителей: перманганата калия, пероксида водорода, гипохлоритов натрия и кальция, галогенсодержащих соединений, кислот, а также кислород, озон и некоторые другие. Процесс обеззараживания и дезодорации перманганатом калия или гипохлоритом натрия проводится при $\text{pH} < 6$. Недостатками метода являются высокая стоимость окислителя, а также необходимость дополнительной обработки сточных вод для удаления диоксида марганца.

В некоторых случаях для дезодорации и обеззараживания газовоздушных выбросов используют *комбинированные методы*. Например, после обработки отходящих газов водными растворами, включающими соли бромистой или йодистой кислоты с одновременной обработкой ультрафиолетовым излучением, запах не ощущается. Мощность УФ излучения для газа, содержащего НПВ с концентрацией 1 г/м^3 , должна быть не менее $0,1 \text{ Вт}\cdot\text{ч/м}^3$.

Одним из наиболее эффективных средств дезодорации и обеззараживания является озон. *Метод озонирования* имеет целый ряд преимуществ: высокая окислительная активность по отношению к спиртам, нефтепродуктам, фенолам и другим сложным соединениям; доступность сырья (кислород воздуха) для получения озона, технологическая гибкость и незначительный расход кислорода. Процесс дезодорации в этом случае можно рассматривать как суммарный эффект окисления органических веществ и маскировки запаха НПВ.

10.1.5. Инновационные технологии в инженерной защите атмосферы

В последние десятилетия широко проводятся исследования по совершенствованию существующих ГОУ, созданию принципиально новых установок, а также комплексных систем очистки, обезвреживания и обеззараживания ГВВ с использованием фотокатализаторов, активированных углей, озона, ультрафиолетового излучения, низкотемпературной плазмы, ионитов и других современных средств.

Технология фотокаталитической обработки воздуха основана на сложных физико-химических реакциях разложения молекул вредных веществ до безвредных компонентов чистого воздуха. Реакция разложения происходит на фотокаталитическом слое при облучении его источником ультрафиолетового излучения в биологически безопасном диапазоне частот (320-400 нм). При этом материал фотокаталитического слоя не расходует и не требует замены.

Фотокаталитический способ позволяет очищать воздух от пыли и копоти, а также от различных токсических веществ, например таких, как оксиды углерода, азота, фенол, формальдегид, хлор- и кислородосодержащие углеводороды, соединения метана, аммиак, сероводород и др., очистка воздуха от которых затруднена. Кроме очистки, новый метод позволяет обеззараживать воздух в закрытых помещениях, уничтожая различные болезнетворные микроорганизмы и разлагая молекулы загрязняющих веществ. Эффективность фотокаталитического обеззараживания воздуха в 10-1100 раз превышает этот показатель для ультрафиолетовой обработки. Совмещение первичной адсорбционной фильтрации и тонкой фотокаталитической очистки воздуха в одном аппарате позволяет обеспечить чистоту воздуха производственных, жилых, общественных помещений, а также мест массового скопления людей.

Определенный интерес представляет *технология очистки воздуха в коронном высоковольтном электрическом разряде*, т.е. используя природное явление, когда при определенных погодных и геомагнитных условиях возникают грозовые облака и разряды молний (электрический разряд в газах), что вызывает образование озона. Подобный естественный, немеханический принцип работы реализован в малогабаритных аппаратах «PlazmaiR» (Россия), которые позволяют не только очищать воздух от различных загрязняющих примесей размерами от 0,01 до 100 микрон, но и непрерывно обогащать воздух отрицательными ионами. В газоразрядных блоках аппарата «PlazmaiR» в результате газового разряда образуются электроны, которые бомбардируют молекулы загрязнителей, разрывая межмолекулярные связи. При этом в большом количестве выделяется озон, который окисляет все вредные примеси и превращает их в воду и углекислый газ. Кроме того, он уничтожает бактерии, вирусы, грибки, плесень. Через некоторое время избыточный озон разлагается и превращается в кислород.

В России разработано комплексное оборудование для очистки воздуха с применением *газоразрядно-каталитической технологии*. Принцип действия промышленной системы очистки газов «Газоконвертор «Ятаган» основан на комбинированном воздействии объемного барьерно-стриммерного разряда мультирезонансной частоты, озона, атмосферного кислорода и каталитического воздействия на молекулы газообразных загрязнений. В этой системе при пропуске загрязненного воздуха, как и при работе аппарата «PlazmaiR», производится предварительная фильтрация от взвешенных пылевых и аэрозольных частиц; газоразрядная и каталитическая очистка, необходимая для полной очистки воздуха от загрязнений и окончательного удаления из него ядовитых и неприятнопахнущих веществ.

Очистители воздуха «BioZone» (США), использующие современные достижения *нанотехнологий*, уничтожают загрязнения и запахи в местах их возникновения. Очистка воздуха протекает в два этапа: в самом приборе (фотока-

талитическим способом) и вне прибора (очищающей фотоплазмой), поступающей в помещение и циркулирующей в нем. Очищающую фотоплазму в приборах «BioZone» вырабатывает уникальная полихроматическая лампа, при этом отсутствуют требующие замены фильтры и картриджи.

Фотоплазма безопасна для человека, растений и животных, инактивирует бактерии, вирусы и споры плесени; уничтожает неприятные запахи, пылевых клещей и продукты их жизнедеятельности; расщепляет на углекислый газ и воду любые летучие органические молекулы.

Сочетание фотокаталитического и фотоплазменного методов борьбы с загрязнениями воздуха является самым действенным способом очистки воздуха на молекулярном уровне от всевозможных запахов, позволяет уничтожить практически все бактерии и вирусы и дезинфицировать само помещение. Прибор «BioZone», установленный на входе приточной вентиляционной системы, препятствует росту грибов и плесени в каналах системы. Производительность устройства по воздуху составляет до 1000 м³/час (в зависимости от модели). Применяется на предприятиях пищевой промышленности для очистки воздуха в производственных помещениях, в частности на молочных комбинатах для стерилизации воздуха, нагнетаемого в зону розлива молока на фасовочном оборудовании. Таким образом, создаются «чистые помещения» и обеспечивается микробиологическая чистота продуктов.

Абсорбционно-биохимическая технология для очистки ГВВ разработана в Белорусском национальном техническом университете и предназначена для мокрой очистки вентиляционного воздуха от вредных органических веществ в литейных, покрасочных, деревообрабатывающих, мебельных, химических и других производствах. Преимуществами технологии являются низкие эксплуатационные затраты, простота и надежность эксплуатации, отсутствие сточных вод.

Институт радиационных физико-химических проблем НАН Беларуси предлагает установку по улавливанию и нейтрализации органических примесей из промышленных газовых выбросов.

Принцип работы установки основан на поглощении водным раствором органических включений с их последующей *микробиологической нейтрализацией* в биореакторах.

10.2. Инженерная защита гидросферы

10.2.1. Основные принципы защиты поверхностных вод

Поверхностные и подземные воды РБ глубоко затронуты хозяйственной деятельностью и нуждаются в охране и защите.

Для решения этой задачи в государстве принят Водный кодекс РБ, который регулирует отношения, возникающие при владении, пользовании и распоряжении водами, и направлен на создание условий для рационального использования и охраны вод, восстановления водных объектов, сохранение и улучшение водных экологических систем.

Поверхностные воды должны охраняться от засорения, загрязнения и истощения. Для предупреждения засорения принимаются меры, исключаящие попадание в водоемы и реки строительного мусора, твердых и иных коммунальных, сельскохозяйственных и промышленных отходов, других предметов и веществ, негативно влияющих на качество вод. Истощение поверхностных вод предотвращают путем строгого контроля за водопотреблением и водоотведением во всех сферах хозяйственной деятельности.

СанПиН РБ 2.1.2.12-33-2005 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод от загрязнения» запрещают отведение сточных вод, содержащих возбудителей инфекционных заболеваний бактериальной, вирусной и паразитарной природы. Такие сточные воды могут сбрасываться в водные объекты только после предварительной очистки и обеззараживания.

Важнейшими *принципами защиты поверхностных вод* являются:

- развитие безотходных и безводных (маловодных) технологий, внедрение системы оборотного водоснабжения;
- очистка и обеззараживание поверхностных вод, используемых для водоснабжения и других целей;
- очистка сточных вод (промышленных, коммунально-бытовых и др.). В населенных пунктах и городах сброс сточных вод осуществляется преимущественно в систему городской канализации с последующей очисткой на станциях аэрации и сбросом в естественные водоемы. СанПиН РБ 2.1.5.12-43-2005 «Санитарные правила для систем водоотведения населенных пунктов» определяют условия сброса сточных вод в канализационную сеть городов и населенных пунктов.

Наиболее действенным способом защиты поверхностных вод от загрязнения их сточными водами является разработка и внедрение безводной (маловодной) и безотходной технологии производства, начальным этапом которой является применение *оборотного водоснабжения*.

Известно, что кроме сточных вод значительную роль в загрязнении гидросферы играют удобрения и средства химической защиты растений (гербициды, пестициды и пр.), которые смываются поверхностным стоком сельскохозяйственных угодий.

Для предотвращения попадания таких стоков в водоемы необходимо проводить комплекс мероприятий, включающий:

- соблюдение норм и сроков внесения удобрений и ядохимикатов;
- очаговую и ленточную обработку пестицидами вместо сплошной;
- внесение гранулированных видов удобрений вместе с поливкой водой;
- замену ядохимикатов биологическими способами защиты растений.

Все большее значение в охране поверхностных вод от загрязнения и засорения в настоящее время приобретают такие приемы, как *агроресомелиорация* и *гидротехнические мероприятия*. С их помощью можно предотвратить заиление

и зарастание озер, прибрежных зон крупных рек, водохранилищ и малых рек, а также образование оползней, обрушение берегов, образование эрозии и т. д. Выполнение комплекса этих работ способствует уменьшению уровня загрязнения поверхностного стока и значительно улучшает качество гидросферы.

Важную защитную функцию на любом водном объекте выполняют *водоохранные зоны и прибрежные полосы*, которые устанавливаются вокруг водных объектов.

Водоохранная зона – это территория, прилегающая к руслам водотоков или водоемов, на которой устанавливается специальный режим хозяйственной деятельности для предотвращения загрязнения, засорения и истощения водных объектов, а также сохранения среды обитания объектов животного и растительного мира.

Прибрежная полоса – часть водоохранной зоны, непосредственно примыкающая к водному объекту, на которой устанавливается более строгий режим хозяйственной деятельности по отношению к режиму хозяйственной деятельности, установленному на всей водоохранной зоне.

Основанием для определения границ и размеров водоохранных зон поверхностных водоемов является Положение о порядке установления размеров и границ водоохранных зон и прибрежных полос водных объектов и режиме ведения в них хозяйственной деятельности, утвержденное Постановлением Совета Министров РБ № 377 от 21.03.2006 г.

Размеры и границы (ширина) водоохранных зон и прибрежных полос, а также режим ведения в них хозяйственной деятельности определяются в проектах водоохранных зон и прибрежных полос с учетом существующих природных условий, характера антропогенной нагрузки и границ запретных полос лесов.

Для водных объектов, расположенных в черте городов и поселков городского типа, разрабатываются отдельные проекты водоохранных зон и прибрежных полос.

При разработке проектов водоохранных зон и прибрежных полос здания и сооружения, ранее возведенные на территории водоохранных зон и прибрежных полос и являющиеся потенциальными источниками загрязнения вод, подлежат обследованию с целью определения возможности их дальнейшего функционирования и условий эксплуатации с соблюдением требований законодательства РБ об охране окружающей среды.

До утверждения проектов водоохранных зон и прибрежных полос местные исполнительные и распорядительные органы по представлению территориальных органов Министерства ПриООС устанавливают минимальные размеры (ширину) водоохранных зон и прибрежных полос, которые наносятся на генеральные планы застройки городов и других поселений, планы границ земельных участков землепользований, землевладений, а также иные планово-картографические материалы. В таблице 10.4 приведены данные о минимальной ширине водоохранных зон и прибрежных полос водных объектов.

Таблица 10.4 – Минимальная ширина водоохранных зон и прибрежных полос водных объектов для населенных пунктов

Водный объект	Водоохранная зона, м	Прибрежная полоса, м
Ручей, родник	50	5
Малая река (водоток протяженностью до 200 км)	200	10
Средняя и большая река (водоток протяженностью 200-500 км и свыше 500 км)	300	50
Естественный и искусственный водоемы:		
пруд	200	20
водохранилище	300	30
озеро	300	30
канал	50	-
судоходный канал	100	-

Границы водоохранных зон и прибрежных полос устанавливаются:

- для рек и озер в зависимости от среднесезонного межennaleго уровня воды (средне-многолетнего уреза воды в летний период);
- для водохранилищ и прудов в зависимости от уреза воды при нормальном подпорном уровне с учетом зон прогнозирования переработки берегов и постоянного подтопления земель;
- для родников и ручьев, формирующих сток в водосборном бассейне (исток реки), на прилегающих к ним территориях в зависимости от уреза воды.

Острова на акватории водоемов и водотоков включаются в состав прибрежных полос.

Границы прибрежных полос для искусственных водотоков (каналов) совмещаются с границами полос отвода земельных участков под эти каналы, а при их отсутствии – с бровками этих каналов.

В городах и поселках городского типа при наличии ливневой канализации и набережной границы прибрежных полос они могут быть совмещены с парапетом набережной.

Для участков рек, заключенных в закрытые коллекторы, водоохранные зоны не устанавливаются.

В водоохранных зонах устанавливается специальный режим хозяйственной деятельности, которая должна осуществляться с соблюдением мероприятий, предотвращающих загрязнение, засорение и истощение вод.

В пределах границ водоохранных зон действуют следующие ограничения:

- применение пестицидов, внесение минеральных удобрений авиационным методом;
- размещение животноводческих ферм и комплексов, накопителей сточных вод, полей орошения сточными водами, кладбищ, скотомогильников, а также других объектов, обуславливающих опасность микробного загрязнения и подземных вод;

- размещение складов для хранения пестицидов, минеральных удобрений, площадок для заправки аппаратуры пестицидами, размещение объектов хранения нефти и нефтепродуктов (за исключением складов нефтепродуктов в портах, судоремонтных заводах и предприятиях водных путей), а также других объектов, способных вызывать химическое загрязнение поверхностных и подземных вод;

- устройство объектов размещения отходов, за исключением санкционированных мест временного содержания отходов по согласованию с территориальными органами Министерства ППриООС;

- удаление объектов растительного мира без утвержденных проектов благоустройства и озеленения, за исключением санитарных рубок, а также разрешенных рубок, обеспечивающих безопасность движения водного и наземного транспорта, и иные действия, предусмотренные законодательством о растительном мире и законодательством о государственной границе;

- мойка транспортных средств вне установленных мест;

- строительство и реконструкция сооружений и коммуникаций для очистки сточных вод, зданий, автозаправочных станций и пр. без согласования с территориальными органами Министерства ППриООС.

В пределах границ прибрежных полос дополнительно к этим ограничениям запрещается:

- применение всех видов удобрений;

- выпас скота и организация летних лагерей для него;

- строительство зданий и сооружений;

- проведение работ, нарушающих почвенный и травяной покров (распашка земель, добыча полезных ископаемых и других), за исключением обработки земель для залужения*, посева и посадки леса;

- удаление объектов растительного мира, за исключением их удаления при проведении работ по содержанию пограничных знаков, знаков береговой навигационной обстановки и обустройству водных путей, полос отвода автомобильных и железных дорог, иных транспортных и коммуникационных линий;

- размещение отходов, сооружений для очистки сточных вод (за исключением сооружений для очистки дождевых вод) и обработки осадка;

- размещение и строительство гидротехнических, гидроэнергетических сооружений, дюкеров (пересечений) инженерно-технических коммуникаций, сооружений и объектов рекреационного назначения и благоустройства, проведение работ, связанных с укреплением берегов и коренным улучшением земель без согласования с территориальными органами Министерства ППриООС и др.

Прибрежные полосы, как правило, должны быть заняты древесно-кустарниковой растительностью или залужены.

* *Залужение* – зарастание земельных участков травянистой растительностью.

Законодательством РБ в пределах границ водоохраных зон и прибрежных полос могут быть установлены и другие ограничения хозяйственной деятельности.

Содержание в надлежащем состоянии водоохраных зон и прибрежных полос, соблюдение режима ведения в них хозяйственной деятельности осуществляют:

- местные исполнительные и распорядительные органы на землях общего пользования населенных пунктов (скверы, парки, улицы и прочее) и землях запаса, расположенных в границах водоохраных зон и прибрежных полос;
- юридические и физические лица, земельные участки которых расположены в границах водоохраных зон и прибрежных полос.

10.2.2. Основные принципы защиты подземных вод

Подземные воды, так же как и поверхностные, в настоящее время нуждаются в специальной охране и защите. Следует помнить, что подземные горизонты являются основным резервуаром чистой питьевой воды и источником питьевого водоснабжения для населенных пунктов.

Для борьбы с истощением запасов пресных подземных вод, пригодных для целей питьевого водоснабжения, необходимо выполнять следующий комплекс мероприятий:

- регулирование режима водооборота подземных вод;
- более рациональное размещение водозаборов по площадям;
- определение величины эксплуатационных запасов с целью рационального их расходования;
- отказ от размещения самоизливающихся артезианских скважин, перевод их на крановый режим;
- запрет или значительное ограничение использования подземных пресных вод на технологические нужды.

Часто в последние годы истощение подземных вод сдерживают пополнением их поверхностным стоком, но это может быть весьма опасным, так как обычно поверхностный сток в значительной мере загрязнен гидрополлютантами.

Предотвратить загрязнение подземных вод можно следующими мероприятиями:

- совершенствование методов очистки сточных вод;
- внедрение маловодных производств и производственных процессов;
- тщательное экранирование бассейнов со сточными водами, полигонов, накопителей отходов, всех сооружений с возможно токсичными или опасными веществами, расположенных на поверхности, и т.д.

Важнейшей мерой борьбы с загрязнением подземных вод в районах водозаборов является устройство вокруг них *зон санитарной охраны*. Порядок и ре-

жимы использования этих зон установлены СанПиН 10-113 РБ 99 «Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов хозяйственно-питьевого водоснабжения».

Зона санитарной охраны (ЗСО) источника водоснабжения – это специально выделенная территория, охватывающая используемый водоем и частично бассейн его питания, на которой устанавливается режим, обеспечивающий надежную защиту источника водоснабжения от загрязнения и сохранение требуемых санитарных качеств воды.

ЗСО организуются в составе трех поясов:

- *первый пояс (строгого режима)* – включает территорию непосредственного расположения водозаборов, площадок расположения водопроводных сооружений и водопроводящего канала. Его назначение – защита водозабора и водозаборных сооружений от случайного или умышленного загрязнения и повреждения;

- *второй и третий пояса (пояса ограничений)* – включают территорию, предназначенную для предупреждения загрязнения воды источников водоснабжения.

В каждом из трех поясов устанавливается специальный режим и определяется комплекс мероприятий, направленных на предупреждения ухудшения качества воды.

Первый пояс включает территорию расположения водозабора, площадок расположения водопроводных сооружений и водоподающего канала. Границы первого пояса ЗСО водопровода с поверхностным источником устанавливаются с учетом конкретных условий, в следующих пределах:

а) *для водотоков** (река, канал):

- вверх по течению – не менее 200 м от водозабора;
- вниз по течению – не менее 100 м от водозабора;
- по прилежащему к водозабору берегу – не менее 100 м от линии уреза воды летне-осенней межени;

б) *для водоемов* (водохранилища, озера):

- граница первого пояса должна устанавливаться в зависимости от местных санитарных и гидрологических условий, но не менее 100 м во всех направлениях по акватории водозабора и по прилежащему к водозабору берегу от линии уреза воды при летне-осенней межени;
- границы второго пояса ЗСО водотоков (реки, канала) и водоемов (водохранилища, озера) определяются в зависимости от климатических, природных и гидрологических условий;

* Отнесение водного объекта к водоему или водотоку проводится в соответствии с ГОСТ 17.1.1.02. «Охрана природы. Гидросфера. Классификация водных объектов».

- границы третьего пояса ЗСО поверхностных источников водоснабжения на водотоке вверх и вниз по течению совпадают с границами второго пояса. Боковые границы должны проходить по линии водоразделов в пределах 3-5 км, включая притоки. Границы третьего пояса поверхностного источника на водоеме полностью совпадают с границами второго пояса;

в) для *водопроводных сооружений и водоводов* границы первого пояса (строгого режима) принимаются на расстоянии:

- от стен запасных и регулирующих емкостей, фильтров и контактных осветлителей – не менее 30 м;
- от водонапорных башен – не менее 10 м;
- от остальных помещений – не менее 15 м.

Ширину *санитарно-защитной полосы* следует принимать по обе стороны от крайних линий водопровода:

- при отсутствии грунтовых вод – не менее 10 м при диаметре водопроводов до 1000 мм и не менее 20 м при диаметре водопроводов более 1000 мм;
- при наличии грунтовых вод – не менее 50 м вне зависимости от диаметра водопровода.

Общие требования по организации ЗСО:

1) мероприятия предусматриваются для каждого пояса ЗСО в соответствии с его назначением. Они могут быть одновременными, проводимыми до начала эксплуатации водозабора, либо постоянными режимного характера;

2) основной целью разрабатываемых мероприятий и их объема является сохранение постоянного природного состава воды путем устранения и предупреждения возможности ее загрязнения.

Организации ЗСО в обязательном порядке должна предшествовать разработка ее проекта, в который включают:

- определение границ зоны и составляющих ее поясов;
- план мероприятий по улучшению санитарного состояния территории ЗСО и предупреждению загрязнения источника;
- правила и режим хозяйственного использования территории трех поясов ЗСО.

При разработке проекта ЗСО для крупных водопроводов предварительно разрабатывается Положение о ЗСО, содержащее гигиенические основы их организации для данного водопровода.

Определение границ ЗСО и разработка комплекса необходимых организационных, технических, гигиенических и противозидемических мероприятий находятся в зависимости от вида источника водоснабжения (подземных или поверхностных), проектируемых или используемых для хозяйственно-питьевого водоснабжения, от степени их естественной защищенности и возможного микробного или химического загрязнения.

Проект зоны санитарной охраны согласовывается с органами Государственного санитарного надзора и утверждается теми же организациями, которые утверждают проект системы водоснабжения.

10.2.3. Способы обработки и методы очистки сточных вод

В соответствии с ГОСТ 17.1.1.01 «Охрана природы. Гидросфера. Использование и охрана вод. Основные термины и определения» под *обработкой сточных вод* понимают воздействие на них с целью обеспечения необходимых состава и свойств. Для этого используют различные способы: очистку, обеззараживание, обезвреживание, дезодорацию, аэрацию, стабилизацию, усреднение, хлорирование, озонирование, УФ-обработку и др. Часто на практике эти способы объединяются одним словом – *очистка*.

Очистка сточных вод – это обработка воды с целью разрушения или удаления из нее определенных веществ.



Рисунок 10.9 – Классификация методов очистки сточных вод

Обработку и очистку сточных вод производят гидромеханическими, физико-химическими, химическими, биологическими, термическими и другими методами (рисунок 10.9).

Выбор метода зависит от:

- размера частиц примесей,
- физико-химических свойств примесей,
- концентрации веществ,
- расхода сточных вод,
- необходимой степени очистки.

Выбор оптимальных технологических схем очистки сточной воды – достаточно сложная задача, обусловленная многообразием находящихся в воде примесей и высокими требованиями, предъявляемыми к качеству воды. Схема обработки сточных вод зависит от многих факторов. Она должна предусматривать максимальное использование

очищенных сточных вод в системах повторного и оборотного водоснабжения предприятий и минимальный сброс сточных вод в естественные водоемы.

Для очистки сточных вод применяют несколько типов сооружений: *локальные (цеховые), общие (заводские) и районные (городские)*.

Локальные очистные сооружения предназначены для очистки сточных вод непосредственно после технологических процессов. На локальных очистных сооружениях очищают воды перед направлением их в систему оборотного

водоснабжения или в общегородские очистные сооружения. На таких установках обычно применяют физико-химические методы очистки (отстаивание, ректификацию, экстракцию, адсорбцию, ионный обмен, огневой метод).

Общие очистные сооружения включают несколько ступеней очистки: первичную (механическую), вторичную (биологическую), третичную (доочистку).

Районные или *общегородские сооружения* очищают в основном хозяйственно-бытовые сточные воды методами механической и биологической очистки.

Гидромеханическую очистку применяют для удаления из производственных сточных вод нерастворимых примесей. Основными процессами гидромеханической очистки являются:

- *отстаивание* воды для удаления нерастворяющихся тонущих и плавающих органических и неорганических примесей, не задерживаемых решетками и песколовками;
- *процеживание* сточной жидкости через решетки и сетки для выделения крупных примесей и посторонних предметов;
- *фильтрация* через различные фильтры для улавливания тонкодисперсных взвесей;
- *улавливание* в песколовках тяжелых примесей, проходящих через решетки и сетки;
- *удаление* твердых взвешенных частиц в гидроциклонах;
- *центрифугирование*.

К **физико-химическим методам очистки** сточных вод относят *коагуляцию, флотацию, экстракцию, сорбцию, ионный обмен, дистилляцию, дезодорацию, ректификацию, обратный осмос и ультрафильтрацию, выпаривание, кристаллизацию, десорбцию* и др. Эти методы используют для удаления из сточных вод мелкодисперсных взвешенных частиц, растворенных газов, минеральных и органических веществ.

Выбор того или иного метода очистки проводят с учетом санитарных и технологических требований, предъявляемых к очищенным производственным сточным водам с целью дальнейшего их использования, а также с учетом объема сточных вод и концентрации в них загрязнений, необходимых материальных и энергетических ресурсов, экономичности процесса.

Коагуляция – это процесс укрупнения дисперсных частиц в результате их взаимодействия и объединения в агрегаты. Ее применяют для ускорения процесса осаждения тонкодисперсных примесей и эмульгированных веществ. Коагуляция происходит под влиянием добавляемых к сточным водам специальных веществ – коагулянтов. Коагулянты образуют в воде хлопья гидроксидов металлов, которые быстро оседают под действием силы тяжести. Хлопья обладают способностью сорбировать вещества, взаимно слипаться с коллоидными и взвешенными частицами, агрегировать их. В качестве коагулянтов обычно используют соли алюминия, железа или их смеси. При выборе коагулянта учитывают состав сточных вод, его физико-химические свойства, стоимость и другие факторы.

Флотацию применяют для удаления из сточных вод нерастворимых диспергированных примесей, которые самопроизвольно плохо отстаиваются. В некоторых случаях флотацию используют и для удаления растворенных, например, поверхностно активных веществ (ПАВ). При флотации в очищаемую жидкость подают воздух, мелкие пузырьки которого всплывают на поверхность воды, увлекая за собой частички загрязнителя, и образуют пенообразный слой, насыщенный флотируемым веществом. Флотация в десятки раз повышает скорость всплывания частиц, поэтому ее применение весьма эффективно.

Адсорбцию широко применяют для глубокой очистки сточных вод от растворенных органических веществ после биохимической очистки, а также в локальных установках, если концентрация этих веществ в воде невелика и они биологически не разлагаются или являются высокотоксичными. Адсорбцию используют для очистки сточных вод от гербицидов, пестицидов, фенолов, ароматических и нитросоединений, ПАВ, красителей и др.

Адсорбционная очистка может быть *регенеративной*, т.е. с извлечением из адсорбента уловленных им веществ и дальнейшим их использованием, или *деструктивной*, при которой извлеченные из сточных вод загрязнения уничтожаются, как не имеющие технической ценности, иногда вместе с адсорбентом. Ценные вещества, поглощенные адсорбентом, могут быть извлечены из него экстракцией органическими растворителями, отгонкой адсорбированного вещества с водяным паром, испарением этого вещества током нагретого инертного газа и другими способами. В качестве сорбентов используют активные угли, синтетические вещества и некоторые отходы производства (золу, шлаки, опилки, бурый уголь, торф, коксовую мелочь).

Ионообменная очистка применяется для извлечения из сточных вод металлов, а также соединений мышьяка, фосфора, цианистых соединений, радиоактивных и многих других веществ. Метод позволяет рекуперировать ценные вещества при высокой степени очистки воды. Ионный обмен широко распространен при обессоливании в процессе водоподготовки. Процесс основан на взаимодействии водного раствора с ионитами, способными обмениваться своими подвижными ионами с раствором.

Жидкостная экстракция применяется для очистки сточных вод, содержащих фенолы, масла, органические кислоты, ионы металлов и др. Экстракция экономически выгодна лишь тогда, когда стоимость извлекаемых веществ компенсирует все затраты на проведение процесса. В большинстве случаев экстракция оправдана при концентрации примесей 3,0-4,0 г/дм³.

Сущность экстракции заключается в том, что сточную воду смешивают с *экстрагентом*, т.е. с такой жидкостью, в которой загрязняющее стоки вещество растворяется лучше, чем в воде, а сам экстрагент не смешивается с водой. При проведении процесса экстракции образуются две фазы: одна фаза – экстракт – содержит извлекаемое вещество и экстрагент; другая – рафинат – сточную воду

и экстрагент. Затем экстракт и рафинат отделяют друг от друга, и осуществляется регенерация экстрагента из экстракта и рафината. Регенерированный экстрагент снова направляется в процесс экстракции.

Обратный осмос и ультрафильтрация заключаются в фильтровании очищаемых сточных вод через полупроницаемые мембраны под давлением, превышающим осмотическое. Мембраны частично или полностью задерживают молекулы или ионы растворенного вещества. При обратном осмосе отделяются молекулы или гидратированные ионы, размеры которых не превышают размеры молекул растворителя. При ультрафильтрации размер отдельных частиц на порядок больше, но максимальные их размеры не превышают 0,5 мкм. Давление, необходимое для проведения процесса обратного осмоса (6-10 МПа), значительно больше, чем для процесса ультрафильтрации (0,1-0,5 МПа). Обратный осмос широко используется для обессоливания воды в системах водоподготовки ТЭЦ, а также других отраслей промышленности, для очистки некоторых промышленных и городских сточных вод.

Десорбция летучих примесей состоит в том, что сточные воды, загрязненные летучими примесями (сероводород, диоксид серы, сероуглерод, аммиак, диоксид углерода и др.), очищаются при пропускании воздуха или другого инертного малорастворимого в воде газа через сточную воду. При этом летучий компонент диффундирует в газовую фазу.

Дезодорация применяется для удаления из сточных вод неприятнопахнущих веществ (одорантов) – меркаптанов, аминов, аммиака, сероводорода и др.

Для дезодорации сточных вод используются различные способы: аэрация, хлорирование, ректификация, дистилляция, обработка дымовыми газами, окисление кислородом под давлением, озонирование, экстракция, адсорбция и микробиологическое окисление. При выборе метода необходимо учитывать его эффективность и экономическую целесообразность.

Наиболее доступным считается метод *аэрации*, который заключается в продувании воздуха или острого водяного пара через очищаемую сточную воду. Промышленное значение имеет и *хлорирование* неприятно пахнущих сточных вод. При этом происходит окисление хлором серосодержащих и других соединений.

В настоящее время для дезодорации сточных вод широко используются процессы *озонирования* и *адсорбции*. Более эффективна дезодорация при одновременном использовании озонирования, хлорирования и фильтрации воды через слой активированного угля. Дезодорация осуществляется в массообменных аппаратах различной конструкции. Эффективность дезодорации при правильной организации процесса может достигать 90-100 %.

Химические методы обработки сточных вод основаны на проведении химических реакций с использованием реагентов и последующим получением из загрязняющих примесей безвредных или менее вредных новых веществ.

При выборе метода учитывается эффективность процесса очистки, скорость реакции, стоимость реагентов, удобство последующего выделения образовавшихся после реакции веществ и др. Методы химической обработки обычно сочетаются с механической или физико-химической очисткой, так как после окончания реакции необходимо выделять образовавшиеся вещества из обработанных сточных вод.

Методы химической обработки наиболее приемлемы в системах локальной очистки сточных вод, где объемы очищаемой воды относительно невелики, а концентрация загрязняющих веществ значительна.

К химическим методам обработки сточных вод относят *нейтрализацию, флокуляцию, окисление и восстановление.*

Нейтрализации подвергаются сточные воды, содержащие минеральные кислоты или щелочи. За регулируемый параметр нейтрализации стока принимают рН воды в пределах 6,5-8,5 после очистки. Для нейтрализации щелочных вод используются кислоты, а кислых – щелочи. Нейтрализацию можно проводить смешением кислых и щелочных сточных вод, добавлением реагентов, фильтрованием кислых вод через нейтрализующие материалы, адсорбцией кислых газов щелочными водами или адсорбцией аммиака кислыми водами.

Реагенты выбираются в зависимости от состава и концентрации сточной воды. При этом учитывается возможность образования осадка.

Для нейтрализации сточных вод в последнее время начинают использовать отходящие газы, содержащие диоксид углерода и серы, оксиды азота и др. Применение кислых газов позволяет не только нейтрализовать сточные воды, но и одновременно произвести высокоэффективную очистку и обезвреживание газов от загрязняющих веществ.

Флокуляция – это процесс агрегации взвешенных частиц при добавлении в сточную воду высокомолекулярных соединений, называемых *флокулянтами*. В отличие от предыдущего метода при флокуляции агрегация происходит не только при непосредственном контакте частиц, но и в результате взаимодействия макромолекул флокулянта, адсорбированного на частицах взвешенных веществ.

Окисление и восстановление вредных примесей, присутствующих в сточных водах, являются деструктивными методами. Они используются для перевода опасных в экологическом отношении веществ в безвредное или менее вредное состояние.

Для обработки сточных вод используются такие окислители, как газообразный и сжиженный хлор, диоксид хлора, хлорная известь, гипохлориты кальция и натрия, перманганат и бихромат калия, перекись водорода, кислород воздуха, озон, пиролюзит и др.

Методы восстановительной очистки сточных вод применяют в тех случаях, когда они содержат легко восстанавливаемые вещества. Эти методы широко используются для удаления из сточных вод соединений ртути, хрома, мышьяка.

Для очистки сточных вод от различных растворимых и диспергированных примесей применяют *электрохимические методы*, в основу которых заложены процессы анодного окисления и катодного восстановления, электрокоагуляции, электрофлотации, электродиализа. Все эти процессы протекают на электродах при пропускании через сточную воду постоянного электрического тока. Электрохимические методы обработки позволяют достаточно просто извлекать из сточных вод ценные продукты без использования химических реагентов. Основным недостатком этих методов является большой расход электроэнергии.

Электрокоагуляция находит применение в различных отраслях промышленности. Процесс заключается в пропускании сточных вод через межэлектродное пространство электролизера. При этом происходит электролиз воды, поляризация частиц, электрофорез, окислительно-восстановительные процессы, образование гидроксидов металлов, взаимодействие продуктов электролиза друг с другом.

Электрофлотация – очистка от взвешенных частиц при помощи пузырьков газа, образующихся при электролизе воды. На аноде возникают пузырьки кислорода, а на катоде – водорода. Поднимаясь в сточной воде, эти пузырьки захватывают взвешенные частицы. При использовании растворимых электродов, кроме пузырьков газа, происходит образование гидроксидов металлов, как при электрокоагуляции, что способствует более эффективной очистке сточных вод.

Электродиализ основан на разделении ионизированных веществ под действием электродвижущей силы, создаваемой в растворе по обе стороны мембраны. Этот процесс широко используется для опреснения соленых вод. Метод можно применять для обработки сточных вод, если они не содержат взвешенных веществ.

При обработке электродиализом сточных вод, содержащих соли кислот и оснований, можно получать кислоты и щелочи и вновь использовать их в производстве. Электроды для электродиализаторов должны изготавливаться из стойких к окислителям материалов – платины, магнетита, графита. Электродиализ может быть использован для очистки радиоактивных вод.

Термические методы в основном используют для обезвреживания минерализованных сточных вод. Они позволяют выделить из сточных вод соли и получить условно чистую воду, пригодную для нужд оборотного водоснабжения. Процесс разделения минеральных веществ и воды может быть проведен в две стадии: стадия концентрирования и стадия выделения сухих веществ. Во многих случаях вторая стадия заменяется захоронением концентрированных растворов. Концентрированные сточные воды можно непосредственно направлять на выделение сухого продукта, например, в распылительную сушилку.

Установки термического обезвреживания минерализованных сточных вод должны обеспечивать снижение концентрации загрязняющих веществ в очи-

щаемой воде до значений ниже ПДК; мало зависеть от состава сточных вод; обеспечивать надежность и экономичность в работе; иметь высокую производительность.

При термическом обезвреживании сточных вод, содержащих токсичные органические вещества, применяют «огневой» метод. Он заключается в том, что сточная вода, вводимая в аппарат в распыленном состоянии совместно с нагретыми до высокой температуры (900-1000°C) продуктами сгорания топлива, испаряется, а загрязняющие воду примеси сгорают, образуя безвредные и легкоудаляемые продукты сгорания.

Выбор метода обезвреживания зависит от состава, концентрации и объема сточных вод, их коррозионной активности, необходимой эффективности процесса.

Биологические методы очистки основаны на способности микроорганизмов использовать в качестве ростовых субстратов различные соединения, входящие в состав сточных вод. Достоинства биологических методов заключаются в возможности удаления из сточных вод широкого спектра органических и неорганических веществ, простоте аппаратного оформления и протекания процессов, относительно невысоких эксплуатационных расходах. Однако для успешной реализации методов необходимы большие капитальные вложения для строительства очистных сооружений. В ходе процесса очистки необходимо строго соблюдать технологический режим и учитывать чувствительность микроорганизмов к высоким концентрациям загрязнителей. Поэтому чаще всего перед биологической очисткой сточных вод их необходимо разбавлять.

Для биологической очистки сточных вод применяют два типа процессов: *аэробные*, в которых микроорганизмы используют для окисления веществ кислород, и *анаэробные*, при которых микроорганизмы не имеют доступа ни к свободному растворенному кислороду, ни к предпочтительным акцепторам электронов типа нитрат-ионов. В этих процессах в качестве акцептора электронов микроорганизмы могут использовать углерод органических веществ, содержащихся в сточных водах. При выборе между аэробными и анаэробными процессами предпочтение обычно отдают первым. Аэробные системы более надежны, они стабильно функционируют. Анаэробные процессы, существенно уступающие аэробным в скорости протекания процесса очистки, тоже имеют ряд преимуществ:

- масса образуемого в них активного ила практически на порядок ниже по сравнению с аэробными процессами;
- в них существенно ниже энергозатраты на перемешивание;
- дополнительно образуется энергоноситель в виде биогаза.

Вместе с тем, анаэробные процессы очистки менее изучены, в силу низких скоростей протекания для них требуются дорогостоящие очистные сооружения больших объемов.

В аэробных процессах очистки часть окисляемых микроорганизмами органических веществ используется в процессах биосинтеза, другая превращается в безвредные продукты – H_2O , CO_2 и пр. Принцип действия аэробных систем биоочистки базируется на методах проточного культивирования.

Интенсивность и глубина биологической очистки определяется скоростью размножения микроорганизмов.

Когда в очищаемых сточных водах практически не остается органических веществ, наступает второй этап очистки – нитрификация. В ходе этого процесса азотсодержащие вещества сточных вод окисляются до нитритов и далее – до нитратов. Таким образом, аэробная биологическая очистка складывается из двух этапов: минерализации – окисления углеродсодержащих соединений и нитрификации. Появление в очищаемых сточных водах нитратов и нитритов свидетельствует о глубокой степени очистки. Большинство биогенных элементов, необходимых для развития микроорганизмов (углерод, кислород, сера, микроэлементы), содержится в сточных водах. При дефиците отдельных элементов (азота, калия, фосфора) их в виде солей добавляют в очищаемые стоки.

В процессах биологической очистки принимает участие сложная биологическая ассоциация, состоящая из бактерий, одноклеточных организмов (водные грибы), простейших (амебы, жгутиковые и ресничные инфузории), микроскопических животных (коловратки, круглые черви - нематоды, водные клещи) и др. Эта биологическая ассоциация в процессе биологической очистки формируется в виде активного ила или биопленки.

Активный ил представляет собой буро-желтые хлопья размером 3-150 мкм, взвешенные в воде и образованные колониями микроорганизмов, в том числе бактериями. Последние образуют слизистые капсулы – зооглеи. Биопленка – это слизистое обрастание материала фильтрующего слоя очистных сооружений живыми микроорганизмами, толщиной 1-3 мм.

Аэробная биологическая очистка сточных вод проводится в различных по конструкции сооружениях – *биофильтрах* и *аэротенках*.

Биофильтры представляют собой прямоугольные или круглые сооружения со сплошными стенками и двойным дном: верхним в виде колосниковой решетки и нижним – сплошным. Дренажное дно биофильтра состоит из железобетонных плит с площадью отверстий не менее 5-7% от общей площади поверхности фильтра. Фильтрующим материалом обычно служит щебень, галька горных пород, керамзит, шлак. Нижний поддерживающий слой во всех типах биофильтров должен содержать более крупные частицы фильтрующего материала (размером 60-100 мм). Щебеночные биофильтры имеют высоту слоя 1,5-2,5 м и могут быть круглыми с диаметром до 40 м или прямоугольными размером 75x4 м². Входной поток предварительно отстаившихся сточных вод с помощью водораспределительного устройства периодически равномерно оро-

шает поверхность биофильтра. В ходе просачивания сточных вод через материал фильтрующего слоя происходит ряд последовательных процессов:

- контакт с биопленкой, развивающейся на поверхности частиц фильтрующего материала;
- сорбция органических веществ поверхностью микробных клеток;
- окисление веществ сточных вод в процессах микробного метаболизма.

В биофильтре происходит непрерывный прирост и отмирание биопленки. Отмершая биопленка смывается током очищаемой воды и выносится из биофильтра. Очищенная вода поступает в отстойник, в котором освобождается от частиц биопленки, и далее сбрасывается в водоем.

Процесс окисления органических веществ сопровождается выделением теплоты, поэтому биофильтры не требуют дополнительного обогрева. Крупные установки, снабженные слоем теплоизоляционного материала, способны функционировать при отрицательных внешних температурах. Однако температура внутри фильтрующего слоя должна быть не ниже 6°C.

Важным условием для эффективной работы биофильтров является тщательная предварительная очистка сточных вод от взвешенных частиц, способных засорить распределительное устройство. Неблагоприятным моментом в эксплуатации биофильтров является вероятность заливания, размножение мух на поверхности, неприятный запах, как следствие избыточного образования микробной биомассы.

Капельный биофильтр – наиболее распространенный тип биореактора с неподвижной биопленкой, применяемый для очистки сточных вод. По существу, это реактор с неподвижным слоем и противотоком воздуха и жидкости. Биомасса растет на поверхности насадки в виде пленки. Особенностью насадки или фильтрующего слоя является высокая удельная поверхность для развития микроорганизмов и большая пористость. Последняя придает необходимые газодинамические свойства слою и способствует прохождению воздуха и жидкости через него.

Срок службы таких биореакторов исчисляется десятками лет (до 50). Основной недостаток конструкции – избыточный рост микробной биомассы. Это приводит к засорению биофильтра, что вызывает сбой в системе очистки.

Аэротенк относится к гомогенным биореакторам. Типовая конструкция биореактора представляет собой железобетонный герметичный сосуд прямоугольного сечения, связанный с отстойником. Аэротенк разделяется продольными перегородками на несколько коридоров, обычно 3-4. Конструкционные отличия различных типов аэротенков связаны, в основном, с конфигурацией биореактора, методом подачи кислорода, величиной нагрузки.

Процесс биоочистки в аэротенке состоит из двух этапов. Первый этап заключается во взаимодействии отстаившихся сточных вод с воздухом и части-

цами активного ила в аэротенке в течение некоторого времени (от 4 до 24 ч и более в зависимости от типа сточных вод, требований к глубине очистки и пр.). На втором этапе происходит разделение воды и частиц активного ила во вторичном отстойнике. Биохимическое окисление органических веществ в аэротенке на первом этапе реализуется в две стадии: на первой – микроорганизмы активного ила адсорбируют загрязняющие вещества сточных вод, на второй – окисляют их и восстанавливают свою окислительную способность.

Аэротенки технологически связаны со вторичными отстойниками, в которых происходит осветление выходящих вод и отделение активного ила. Отстойники выполняют также функцию контактных резервуаров. В них сточную воду хлорируют. Дезинфицирующая доза хлора после биологической очистки в зависимости от качества очистки составляет 10-15 мг/дм³ при продолжительности контакта хлора с жидкостью не менее 30 минут.

Анаэробные процессы очистки сточных вод по сравнению с аэробными имеют ряд несомненных преимуществ. Главными являются высокий уровень превращения углерода загрязняющих веществ при относительно небольших объемах прироста биомассы и получение дополнительного ценного продукта – биогаза.

Анаэробные процессы для очистки сточных вод применяются в Европе около 100 лет. Используемые для этих целей биореакторы – *септиктенки*, представляют собой отстойники, в которых осевший ил подвергается анаэробной деградации. Септиктенки эксплуатируются обычно при температуре 30-35°C. Время пребывания в них очищаемых сточных вод существенно выше – около 20 суток.

Септиктенки применяют в системе городских очистных сооружений. В них перерабатывают осадки, удаляемые из первичных отстойников. При этом сброженный ил ликвидируют или закапывают. При сбраживании уменьшается объем ила, снижается содержание в нем патогенных микроорганизмов и неприятный запах.

В последние годы, вследствие более строгих требований к предварительной очистке промышленных сточных вод перед сбросом их в канализацию, а также необходимостью замены ископаемого топлива возобновляемыми источниками, интерес к анаэробным процессам возрастает.

Биологические пруды представляют собой каскад сооружений глубиной 1,0-1,5 м, через которые с незначительной скоростью протекают очищенные сточные воды. Различают пруды с естественной и искусственной аэрацией. Время пребывания в прудах зависит от вида и концентрации загрязнений, степени предварительной очистки, путей дальнейшего использования очищенной воды и колеблется в пределах 3-50 суток. Если пруды имеют искусственную аэрацию, то время пребывания воды в них значительно сокращается.

На промышленных предприятиях биологические пруды используются в основном для доочистки сточных вод, прошедших сооружения биохимической очистки. После биологических прудов концентрация нефти и нефтепродуктов, других загрязнителей снижается настолько, что в последних секциях прудов можно разводить рыбу.

Иногда доочистку осуществляют на *полях орошения*. Это специально подготовленные участки, используемые одновременно для очистки сточных вод и агрокультурных целей. Очистка сточных вод на полях орошения производится с помощью почвенной микрофлоры, солнечной теплоты, воздуха и жизнедеятельности растений. Земледельческие поля орошения после спуска доочищенных сточных вод используются для выращивания зерновых и силосных культур, трав, некоторых овощей, а также для посадки деревьев и кустарников.

Методы биологической очистки сточных вод эффективны и являются по существу обязательной составной частью системы очистки для каждого предприятия.

Очищенные сточные воды перед сбросом в поверхностные водоемы необходимо *обеззараживать*, так как в них могут находиться патогенные бактерии, вирусы, паразиты, приводящие к вспышкам инфекционных заболеваний населения.

Для этого чаще всего используется *хлорирование*. Однако этот метод обладает недостаточной дезинфицирующей способностью по отношению ко многим патогенным микроорганизмам. Кроме того, использование хлорирования сопровождается следующими негативными явлениями:

- в обеззараженных сточных водах содержится остаточное количество активного хлора, который токсичен для гидробионтов и рыб, вызывает изменение биоценоза водоемов, что влияет на их самоочищающую способность;
- образуются высокотоксичные канцерогенные, мутагенные хлорорганические соединения;
- работа с хлором, являющимся сильнодействующим ядовитым веществом, требует особых мер безопасности.

Аналогичные проблемы возникают и при использовании других реагентных методов обеззараживания (гипохлориты натрия и кальция, озон, перекись водорода и др.).

В настоящее время наиболее перспективным методом обеззараживания является *ультрафиолетовая (УФ) обработка воды*.

При УФ облучении воды погибают практически все патогенные микроорганизмы, не меняется окислительная способность воды, исчезает опасность передозировки дезинфектанта, энергозатраты невелики. Однако использование этого метода эффективно только при содержании взвешенных веществ в воде не более 20 мг/л. В РБ принята Программа внедрения безреагентных методов

обеззараживания сточных вод, альтернативных хлорированию, на период до 2020 г., утвержденная Министерством жилищно-коммунального хозяйства РФ 25.01.2007 г.

В процессе биохимической очистки сточных вод образуются осадки, которые необходимо периодически удалять из очистных сооружений. Обработка или утилизация этих осадков весьма затруднительны из-за большого их объема, переменного состава, наличия целого ряда токсичных для живых организмов веществ, высокой влажности.

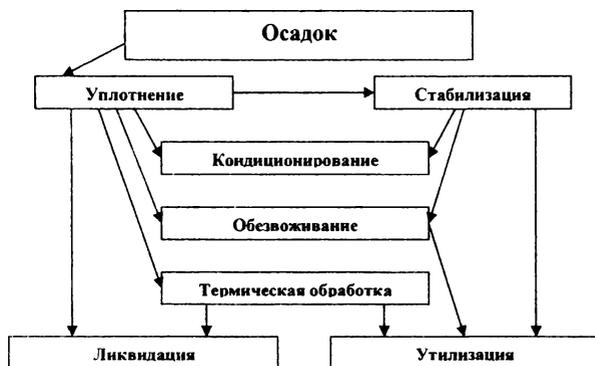


Рисунок 10.10 – Общая схема обработки осадков сточных вод

Осадки сточных вод представляют собой труднофилтруемые суспензии. Во вторичных отстойниках в осадке находится в основном избыточный активный ил, объем которого в 1,5-2,0 раза больше, чем объем осадка из первичного отстойника. Основными компонентами сырых осадков являются углеводы, жироподобные и белковые вещества, которые в сум-

ме составляют 80-85%, а остальные 15-20% представляют собой лигниногумусовый комплекс. При разложении органических веществ образуются метан, водород, диоксид углерода, спирты и вода, аммиак и свободный азот и сероводород. Общая схема обработки осадков сточных вод представлена на рисунке 10.10.

Удаление свободной влаги осуществляется *уплотнением осадка*. При этом в среднем удаляется до 60% влаги, и масса осадка сокращается в 2,5 раза. Наиболее трудно уплотняется активный ил, влажность которого составляет 99,2-99,5%.

Для уплотнения ила используют гравитационный, флотационный, центробежный и вибрационный методы.

Стабилизацию осадков проводят для разрушения биологически разлагаемой части органического вещества на диоксид углерода, метан и воду. Ее осуществляют при помощи микроорганизмов в анаэробных и аэробных условиях. В анаэробных условиях проводится сбраживание осадка в метантенках, в результате чего его объем уменьшается примерно вдвое из-за разложения и минерализации органического вещества. Сброженный осадок приобретает однородную зернистую структуру, лучше отдает при сушке воду, теряет специфический гнилостный запах.

После стабилизации осадки подвергаются обезвоживанию. К обезвоживанию их подготавливают путем кондиционирования. При кондиционировании снижается удельное сопротивление и улучшаются водоотдающие свойства осадков вследствие изменения их структуры и форм связи воды. Кондиционирование проводят реагентными и безреагентными способами.

При реагентной обработке осадка происходит *коагуляция* – процесс агрегации тонкодисперсных и коллоидных частиц. Образование при этом крупных хлопьев с разрывом сольвентных оболочек и изменением форм связи воды способствует изменению структуры осадка и улучшению его водоотталкивающих свойств. В качестве коагулянтов используют соли железа и алюминия, а также известь.

К *безреагентным методам обработки* относятся тепловая обработка, замораживание с последующим оттаиванием, электрокоагуляция и радиационное облучение.

Наиболее простым способом обезвоживания является подсушивание осадка на так называемых *иловых площадках*. При этом способе влажность может быть снижена до 75-80%, а осадок уменьшается по объему и массе в 4-5 раз, теряет текучесть, и его можно перевозить к месту использования автотранспортом. Однако этот способ длителен, требует больших земельных участков, зависит от климатических условий района. Кроме того, влажность подсушенного осадка все-таки остается еще значительной.

Иловые площадки – это участки земли (карты), со всех сторон окруженные земельными валами. Если почва хорошо фильтрует воду, а грунтовые воды находятся глубоко, иловые площадки устраиваются на естественных грунтах. При залегании грунтовых вод на глубине до 1,5 м для отвода фильтрата устраивают специальный дренаж из труб, а иногда организуют искусственное основание.

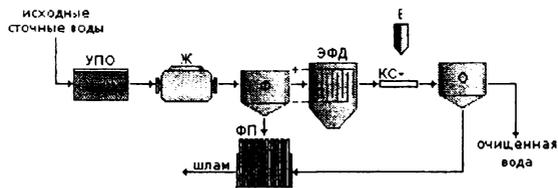
Механическая сушка (центрифугирование, фильтр-прессование, фильтрование, например, на вакуум-фильтрах) также уменьшает влажность до 70-80%, последующая термическая сушка – до 15-25%.

Отходы осадков сточных вод, которые в настоящее время нельзя использовать, направляются в шламонакопители для захоронения.

Шламонакопители представляют собой открытые земляные емкости, которые после полного заполнения консервируются, и шлам подают уже в другие накопители. Нельзя забывать, что законсервированные шламохранилища являются потенциальным источником загрязнения окружающей среды и требуют постоянного надзора.

В настоящее время все большее распространение получает *метод биологического обезвоживания осадка (БОС)*.

Принципиальная схема очистки сточных вод молокоперерабатывающих предприятий приведена на рисунке 10.11.



УПО – узел предварительной очистки для удаления крупных механических примесей;
 Ж – жируловитель; Ф – флотатор для удаления эмульгированных жиров, масел и взвешенных примесей; ЭФД – электрофлотодеструктор для доочистки от растворенных примесей и обеззараживания; Е – емкость для дозирования реагентов; КС – камера смешения; О – узел реagenтного осветления с дезинфекцией; ФП – фильтр-пресс

Рисунок 10.11 – Схема очистки сточных вод молокоперерабатывающих предприятий

10.2.4. Системы очистки сточных вод

В связи с тем, что строительство и эксплуатация очистных сооружений на предприятиях требуют вложения очень больших материально-технических средств, содержания специальных служб, создают множество проблем по утилизации осадков сточных вод, отработанного активного ила и других, в настоящее время все большее распространение получают локальные и модульные системы очистки сточных вод.

Локальные и модульные системы очистки сточных вод устанавливаются по месту их образования. Состав этих сооружений зависит от качества и количества очищаемых сточных вод.

В общем случае оборудование для локальных и модульных систем очистки сточных вод должно иметь следующие характеристики:

- компактность – габаритные размеры позволяют транспортировать доступными видами транспорта;
- минимальные затраты на строительство;
- возможность использования очищенной воды;
- отсутствие запахов и шума;
- возможность наращивания производительности за счет установки дополнительных блоков очистки;
- температура эксплуатации оборудования от +60°С до -55°С;
- минимальные сроки изготовления оборудования;
- возможность очистки сточных вод до показателей вод рыбохозяйственных водоемов;
- минимальный размер санитарно-защитной зоны.

Применение новейших технологий позволяет использовать эти системы как для очистки производственных, так и хозяйственно-бытовых сточных вод.

Так, например, установка очистки воды «ЭЛОН-аква», разработанная ООО «Экострой» (г. Ярославль), предназначена для очистки оборотных и сточ-

ных вод различных производств методом озонлиза и электрокоагуляции. Она может использоваться как для очистки оборотных, так и сточных вод пищевых, косметических, фармацевтических и других производств, а также для очистки сточных вод АЗС, в нефтехимической и машиностроительной отраслях. Объем очищаемой воды до 10 м³/ч.

Установка обеспечивает очистку воды от широкого спектра вредных веществ. Удаляемые соединения: нитриты, азот аммонийный, хлориды, фосфаты, нефтепродукты, СОЖ, жирные кислоты, ПАВ, ионогенные и неионогенные вещества, сульфаты, альдегиды и кетоны, взвешенные вещества. Эффективность удаления загрязняющих веществ – 80-95%.

Модульная система «Радуга», разработанная НПФ «ЭКОС» (Россия), предназначена для очистки сточных вод от нефтепродуктов, масел, взвешенных веществ, жиров, ПАВ, частично органических загрязнений. Используемая в модуле технология позволяет достигнуть концентраций нефтепродуктов на выходе 0,05 мг/дм³.

В установке «Радуга» сочетаются флотационная и фильтрационная очистка. Флотатор извлекает основную часть загрязнений – более 90%. Фильтр обеспечивает глубокую очистку сточной воды до норм ПДК (до 99,9%). Оригинальная конструкция фильтра позволяет использовать различные виды фильтрующего материала (дробленый керамзит, листовенные опилки, активированный уголь и др.).

Отработанный фильтрующий материал и флотошлам может использоваться в производстве дорожных покрытий, топлива для котельных, использоваться в других схемах утилизации.

В республике широко применяется оборудование для локальной очистки сточных вод финской фирмы «ЛАВКО». Очистное оборудование соответствует требованиям стандартам ЕС. Например, комплексная система EuroPEK CF состоит из песколовки, маслоотделителя и блока доочистки сточных вод.

Очистка нефтесодержащих сточных вод начинается в песколовке, где они освобождаются от большей части твердых частиц. Из песколовки сточные воды поступают в бензомаслоотделитель, в котором с помощью эффективных коалесцентных модулей отделяется основная масса нефтепродуктов. Далее очищенные сточные воды направляются в блок доочистки, состоящий из двух отсеков. Нижний отсек предназначен для обеспечения равномерного распределения потока воды. Отсеки разделены дополнительным днищем, с отверстиями по всей поверхности, закрытыми мелкоячеистой сеткой из армированного стеклопластика. В верхнем отсеке расположены слои цеолита и активированного угля. Цеолит предназначен для равномерного распределения водного потока, улавливания остаточного количества взвешенных частиц и нефтепродуктов, а также тяжелых металлов.

Проходя через слой активированного угля с рабочей сорбционной поверхностью $1000 \text{ м}^2/\text{г}$, сточные воды окончательно очищаются от нефтепродуктов и поступают в верхнюю часть аппарата и далее в сливной колодец. Остаточная концентрация нефтепродуктов в очищенной воде составляет не более $0,3 \text{ мг}/\text{дм}^3$. Периодичность замены адсорбционной загрузки в блоке доочистки зависит от производительности системы, концентрации в сточных водах нефтепродуктов и составляет один раз в два года.

Большой популярностью в республике пользуются системы локальной и модульной очистки сточных и ливневых вод, разработанные СООО «ФОРТЕКС-Водные Технологии» (г. Витебск). К ним относятся блочные станции очистки и доочистки дождевых сточных вод с территорий предприятий, АЗС, автостоянок и т.п. производительностью $0,5\text{-}20 \text{ л}/\text{с}$; оборудование очистки сточных вод от автомоек, предприятий автосервиса и т.д. производительностью $0,5\text{-}10 \text{ м}^3/\text{ч}$ с оборотным водоснабжением; станция очистки бытовых сточных вод «БИОФЛУИД-Е» с роторным биодисковым реактором производительностью $1,5\text{-}18 \text{ м}^3/\text{сут.}$ и эффективностью очистки по БПК₅ – $93\text{-}95\%$; активационные станции очистки бытовых сточных вод АЧБ с эффективной системой аэрации производительностью $2\text{-}115 \text{ м}^3/\text{сут.}$ и эффективностью очистки по БПК₅ – $93\text{-}98\%$; жирословители производительностью $1\text{-}5 \text{ л}/\text{с}$ и др.

В установках «ФОРТЕКС» используются ранее описанные известные принципы очистки сточных вод. Однако возможность компактной модульной сборки позволяет использовать их в комплексе в зависимости от состава и объема сточных вод, что существенно повышает степень очистки, сокращает эксплуатационные расходы, позволяет оперативно реагировать на изменение состава сточных вод.

Очевидно, что будущее – за максимальным внедрением локальных и модульных систем очистки на фоне максимального снижения образования сточных вод за счет внедрения мало- и безводных технологий и технологических процессов.

10.3. Инженерная защита литосферы

10.3.1. Основные требования по охране земель

В соответствии с Кодексом Республики Беларусь о земле *охрана земель – это система мероприятий, направленных на предотвращение деградации земель, восстановление деградированных земель.*

Острой экологической проблемой в настоящее время являются *деградация и истощение земель.* Связано это с тем, что при постоянном увеличении населения планеты пригодных для сельскохозяйственного производства земель, особенно пахотных, становится все меньше.

Поверхность земли испытывает значительную антропогенную нагрузку. Если в атмосферу выбрасывается около 1 млрд. т загрязняющих веществ (без CO₂), в гидросферу – около 15 млрд. т, то на почву ежегодно попадает примерно 85-90 млрд. т антропогенных отходов. По некоторым оценкам, их общий объем к концу 90-х годов прошлого века уже превысил на планете 1500 км³.

Основными источниками антропогенного загрязнения земель являются:

- твердые и жидкие отходы добывающей, перерабатывающей и химической промышленности, теплоэнергетики и транспорта;
- отходы потребления, в первую очередь коммунальные отходы (КО);
- сельскохозяйственные отходы и применяемые в сельском хозяйстве ядохимикаты, удобрения;
- атмосферные выпадения загрязняющих веществ;
- аварийные выбросы и сбросы загрязняющих веществ.

Почвы относятся к так называемым *депонированным** средам, чем существенно отличаются от атмосферы и гидросферы, в которых загрязняющие вещества долго не задерживаются. В почвах загрязняющие вещества могут сохраняться десятилетиями (возможно, и столетиями), постепенно переходя в другие среды – воздух, воду, живое вещество, а с ними и в пищу человека. Вот почему так важно не допускать загрязнения почв *ксенобиотиками** – тяжелыми металлами, пестицидами, фенолами, детергентами, пластмассами и т.п.

Почва – это такой объект деятельности человека, который легко разрушается, но очень трудно восстанавливается.

Мероприятия для защиты почв от деградации общеизвестны. К ним относятся все агротехнические средства – севообороты, рациональные приемы обработки почвы, экологически обоснованные посевы и посадки, правильный уход за растениями, борьба с сорняками, болезнями и вредителями сельскохозяйственных культур преимущественно биологическими методами, природоохранная технология уборки урожая и многое другое.

В Республике Беларусь назрела необходимость сбалансированного (по всем необходимым макро- и микроэлементам), умеренного применения удобрений, проведения учета накопления и определения потенциальной опасности для населения и животных нитратов, нитритов и N-нитрозосоединений, содержащихся в водах, осадках, почве и растениях. Данные о балансе и равновесии соединений азота с взаимодействующими веществами вод и почв должны служить основой рекомендаций о нормах, дозах и способах применения минеральных и органических удобрений, а также об использовании биологического азота для каждой сельскохозяйственной культуры севооборота.

* *Депонировать* (от лат. *deponere*) – отдавать, передавать на хранение

* *Ксенобиотики* – несвойственные и чуждые для живых организмов вещества

Важное условие уменьшения вредных для окружающей среды потерь питательных веществ – это известкование и внесение в дерново-подзолистые почвы органических удобрений. Снижение почвенной кислотности повышает эффективность удобрений в целом, а органические удобрения при этом существенно увеличивают водоудерживающую способность почвы и сорбционные свойства, что повышает ее плодородие, улучшает физико-химические свойства и обеспечивает более полное использование растениями питательных веществ, содержащихся в почве.

Применение пестицидов в сельском хозяйстве должно быть строго регламентировано и использоваться только в том случае, когда другие методы защиты (агротехнические, селекционные, биологические и др.) не позволяют избежать потерь урожая возделываемых культур от вредителей, болезней и сорняков.

Главное требование к охране земельных ресурсов – это поддержание земельно-ландшафтного равновесия, т.е. установление и сохранение оптимального соотношения площадей пашни, пастбищ, лесов, болот, населенных пунктов. При охране земель необходимо соблюдать нормативные требования по борьбе с водной и ветровой эрозией, заболачиванием, засолением, подкислением, дегумификацией почв и другими неблагоприятными процессами, требования по рекультивации земель, защищать почвы от загрязнения.

Основные требования по охране земель установлены ст. 89 Кодекса Республики Беларусь о земле.

Землепользователи должны осуществлять в границах предоставленных им земельных участков следующие мероприятия по охране земель:

- благоустраивать и эффективно использовать землю, земельные участки;
- сохранять плодородие почв и иные полезные свойства земель;
- защищать земли от водной и ветровой эрозии, подтопления, заболачивания, засоления, иссушения, уплотнения, загрязнения отходами, химическими и радиоактивными веществами, иных вредных воздействий;
- предотвращать зарастание сельскохозяйственных земель древесно-кустарниковой растительностью (насаждениями) и сорняками;
- сохранять торфяно-болотные почвы при использовании сельскохозяйственных земель, предотвращать процессы минерализации торфяников;
- проводить консервацию деградированных земель, если невозможно восстановить их исходное состояние;
- восстанавливать деградированные, в т.ч. рекультивировать нарушенные земли;
- снимать, сохранять и использовать плодородный слой земель при проведении работ, связанных с добычей полезных ископаемых и строительством.

Мероприятия по охране земель должны включаться:

- в региональные схемы использования и охраны земельных ресурсов, схемы землеустройства административно-территориальных и территориальных еди-

ниц, территорий особого государственного регулирования, проекты внутрихозяйственного и межхозяйственного землеустройства и иную землеустроительную документацию;

- в проектную документацию на размещение, строительство, реконструкцию, эксплуатацию, консервацию и снос объектов промышленности, транспорта, связи, обороны, коммунального, лесного, водного и сельского хозяйства, а также иных объектов, оказывающих воздействие на землю;

- в проектную документацию по мелиорации земель;

- в технические нормативные правовые акты (ТНПА), устанавливающие технические требования к технологическим процессам, непосредственно связанным с использованием земель в хозяйственной и иной деятельности.

Финансирование мероприятий по охране земель осуществляется за счет собственных средств землепользователей, средств республиканского и местных бюджетов, направляемых на эти цели в соответствии с законодательством, а также иных источников, не запрещенных законодательством.

10.3.2. Обращение с отходами производства

В соответствии с проведенными оценками каждая тонна мусора на стадии потребления сопровождается дополнительно образованием 10 т отходов на стадии производства и приблизительно 100 т – при добыче и получении сырьевых материалов. Образующиеся отходы должны утилизироваться собственниками, а неиспользованная часть подлежит размещению или обезвреживанию.

Объем накопленных отходов на объектах хранения в РБ за 2010 г. увеличился на 3% и составил на конец года 939,4 млн. т.

В 2010 году объем образования отходов 1-4-го классов опасности на предприятиях страны составил 33 252,86 тыс. т, из которых 97% приходилось на отходы 4-го класса опасности. Количество отходов 1-3-го классов опасности, находящихся на хранении на предприятиях РБ, составило к концу 2010 г. около 7 571,61 тыс. т. Из них отходы 1-го класса опасности составили 0,03%, а 2-го класса – 0,18%.

Характерными отходами 1-го класса опасности для большинства предприятий республики являются отработанные ртутные лампы и люминесцентные трубки. На конец 2010 г. на предприятиях хранилось свыше 1,34 млн. штук отработанных ртутных ламп и люминесцентных трубок, сдано на обезвреживание – 1,33 млн. штук. Неиспользованная часть отходов подлежит размещению или обезвреживанию.

При обращении с отходами используются следующие широко используемые на практике методы: *размещение, хранение, захоронение, использование или обезвреживание отходов.*

Размещение отходов – это процесс хранения и захоронения отходов.

Хранение отходов – это содержание отходов на объектах размещения в целях их последующего захоронения, обезвреживания или использования.

Захоронение отходов – это изоляция отходов, не подлежащих дальнейшему использованию, в специальных хранилищах в целях предотвращения попадания вредных веществ в окружающую природную среду.

Использование отходов – применение отходов для производства товаров (продукции), выполнения работ, оказания услуг или для получения энергии.

Обезвреживание отходов – обработка отходов, в том числе сжигание и обеззараживание их на специализированных установках, в целях предотвращения вредного воздействия отходов на здоровье человека и окружающую природную среду.

В соответствии с действующим законодательством РБ субъекты хозяйствования обязаны:

- внедрять экологически чистые, малоотходные, безотходные и ресурсосберегающие технологии;
- максимально использовать отходы производства и потребления;
- проводить лабораторный контроль качества окружающей среды в местах складирования и временного хранения отходов;
- возмещать в полном объеме вред, причиненный окружающей среде, здоровью и имуществу граждан и организаций при нарушении законодательства в области обращения с отходами;
- предоставлять любую информацию по вопросам образования отходов и обращения с ними;
- немедленно оповещать штаб Гражданской обороны, местные органы власти, а также органы Министерства ПриООС и санитарного надзора о случаях попадания опасных отходов в окружающую среду;
- обеспечивать транспортируемые и хранящиеся отходы специальными этикетками со знаками класса опасности, названия отходов, их агрегатного состояния, цвета, запаха, пожароопасных свойств, вида упаковки и специальных требований при обращении с ними, в том числе при аварии. Указывать адрес предприятия, где получены эти отходы.

Собственники отходов обязаны разработать и утвердить Паспорт опасности отходов в соответствии с ГОСТ 17.9.0.5-2001 и Инструкцию по обращению с отходами производства в соответствии с Положением о порядке согласования инструкций по обращению с отходами производства, утвержденным Постановлением Совета Министров РБ от 23.07.2010 №1104. Срок действия согласования инструкции составляет 5 лет.

Обезвреживание отходов должно осуществляться только на объектах обезвреживания отходов, эксплуатация которых производится в соответствии с требованиями, установленными законодательством РБ в области обращения с отходами.

Сбор опасных отходов осуществляется с учетом класса опасности: отходы 1-го класса опасности помещаются в тару – стальные баллоны; 2-го класса – в прочные полиэтиленовые мешки. Допускаются также другие виды тары для хранения опасных отходов, согласованные с органами санитарного надзора. Сбор опасных отходов в жидком состоянии и пастообразных осуществляется в герметичные и коррозионностойкие емкости, устанавливаемые в специально отведенном месте. Опасные промышленные отходы после затаривания взвешиваются, результаты вносятся в журнал учета.

В соответствии с действующими Правилами опасные отходы предприятий подлежат временному хранению на их территории, пока не будет разработана технология по их утилизации или не будут созданы региональные полигоны для захоронения этих отходов. Предельное количество накопленных отходов на территории предприятия устанавливается в соответствии с нормативным документом «Предельное количество накопления токсичных промышленных отходов на территории предприятия (организации)».

На полигоны по обезвреживанию и захоронению опасных промышленных отходов принимаются только отходы 1-3-го классов опасности. Твердые промышленные отходы 4-го класса опасности по согласованию с органами санитарного надзора и коммунальными службами могут вывозиться на полигоны для складирования коммунальных отходов.

Складирование и захоронение промышленных отходов производится на платной основе на основании разрешений территориальных органов Министерства ПРиООС.

Наиболее опасными являются такие отходы, которые содержат химически активные загрязнители, способные поступать в питьевую воду или в растения, служащие пищей для человека и сельскохозяйственных животных. Это в первую очередь *биоциды** – соединения тяжелых металлов, пестициды, гербициды и прочие стойкие органические соединения, некоторые продукты нефтепереработки – циклические и полициклические ароматические углеводороды и др.

Для разработки научно обоснованной политики охраны окружающей среды от всего многообразия отходов производства и потребления назрела необходимость в создании механизма оценки их уровня воздействия на среду обитания человека.

Одним из методов оценки и измерения уровня воздействия производимой и потребляемой продукции является оценка ее жизненного цикла.

Жизненный цикл продукции (ЖЦП) в данном случае – это последовательные и взаимосвязанные стадии продукционной системы, начиная от процесса добычи сырья или разработки природных ресурсов до конечной стадии – перелома ее в отходы потребления в результате утраты ею потребительских свойств

* *Биоциды* – синтетические яды

из-за физического или морального износа, а также после определенного срока хранения (рисунок 10.12).



Рисунок 10.12 – Структурная схема жизненного цикла продукции

Оценка жизненного цикла – это учет и оценка входных и выходных потоков материалов, вещества, энергии производственной системы, ее воздействия на окружающую среду на всех стадиях жизненного цикла.

В РБ внедряется межгосударственный стандарт ГОСТ 30773-2001, в соответствии с которым устанавливаются этапы технологического цикла отходов производства и потребления и требования к их *рециклингу** или ликвидации.

10.3.3. Рекультивация использованных земель

Рекультивация земель представляет собой комплекс работ, направленных на восстановление продуктивности и народнохозяйственной ценности нарушенных земель, а также на улучшение условий окружающей среды в соответствии с интересами общества.

На основании ГОСТ 17.5.3.04 «Охрана природы. Земли. Общие требования к рекультивации земель» рекультивации подлежат нарушенные земли всех категорий, а также прилегающие земельные участки, полностью или частично утратившие продуктивность в результате отрицательного воздействия нарушенных земель.

Рекультивацию земель выполняют в два этапа: технический и биологический. К техническому этапу относятся: планировка; формирование откосов

* *Рециклинг* – повторное использование.

(снятие земли, ее транспортирование) и нанесение плодородной почвы на рекультивируемые земли; при необходимости – коренная мелиорация; строительство дорог, специальных гидротехнических сооружений и др. Биологический этап рекультивации земель включает в себя комплекс агротехнических и гидромелиоративных мероприятий по восстановлению нарушенных земель.

Рекультивация земель является составной частью технологических процессов, связанных с нарушением земель.

Рекультивацию ведут для земель, нарушенных при открытых горных работах, при подземных горных работах, при добыче торфа, при строительстве и эксплуатации линейных сооружений (например, магистральных трубопроводов и отводов от них), при выполнении геологоразведочных, изыскательских и других работ. Наибольший опыт в области рекультивации земель накоплен в Германии, где такие работы ведутся планомерно уже более 30 лет.

Предусмотрены следующие направления использования рекультивируемых земель: сельскохозяйственное, лесохозяйственное, водохозяйственное и санитарно-гигиеническое. Последнее направление предусматривает консервацию шламоотстойников, хвостохранилищ, золоотвалов и других промышленных отвалов, содержащих токсичные вещества, с соблюдением санитарно-гигиенических норм.

В соответствии с действующим законодательством нарушенные земли должны быть рекультивированы преимущественно под пашню и другие сельскохозяйственные угодья. Рельеф и форма рекультивированных участков должны обеспечивать их эффективное хозяйственное использование.

Если рекультивация земель в сельскохозяйственных целях нецелесообразна, создаются лесонасаждения для увеличения лесного фонда, оздоровления окружающей среды или защиты земель от эрозии; при необходимости создаются рекреационные зоны и заповедники.

Подбор видов древесных, кустарниковых растений и трав должен осуществляться с учетом степени химического и физического выветривания поверхностного слоя отвалов шахтных пород.

Рекультивируемые земли и прилегающая к ним территория после завершения всего комплекса работ должны представлять собой оптимально организованный и экологически сбалансированный устойчивый ландшафт.

10.3.4. Обращение с отходами потребления

В республике ежегодно образуется около 3 млн. т твердых коммунальных отходов (ТКО). Показатель удельного образования ТКО составил в 2010 г. 0,877 кг/чел. в день. Морфологический их состав колеблется в широких пределах в зависимости от местных условий их формирования и по сезонам года.

Ориентировочный морфологический состав и физические свойства ТКО приведены в ТКП 17.11-02-2009 «Объекты захоронения твердых коммунальных отходов. Правила проектирования и эксплуатации» (таблица 10.5).

Таблица 10.5 – Примерный усредненный годовой состав твердых коммунальных отходов

Наименование компонентов	Содержание в общей массе, %	Плотность, кг/м ³	Влажность, %
Картон, бумага	25-30	50-70	25-30
Пищевые отходы	30-38	450-550	70-92
Дерево	1,5-3,0	220	15-25
Металл	2,2-3,8	220	3
Кость	0,5-2,0	360-520	20-30
Кожа, резина	2,0-4,0	220-250	15-35
Текстиль	4,0-7,0	160-180	20-40
Стекло	5,0-8,0	1200	1-2
Камни	1,0-3,0	1500	2,0
Пластмасса	2,0-5,0	30-100	2-5
Прочие	1,0-2,0	-	-
Отсев мельче 16 мм	7,0-13	770	15-25

Примечание: 1. Основная масса ТКО (95-98 %) имеет размер менее 0,25 м. 2. Средняя плотность в местах сбора составляет около 200 кг/ м³. 3. Средняя влажность – 52 %.

В настоящее время частично налажен раздельный сбор и заготовка ТКО как вторичного сырья (картон, бумага, стекло, полимеры, черные и цветные металлы, текстиль). Общее количество заготовленных в 2010 г. вторичных материалов составило 739,2 тыс.т., но пока основная их масса складировается на полигонах.

Всего на территории республики зарегистрировано 164 полигона ТКО и 80 накопителей промышленных отходов. Суммарная площадь земель под накопители и полигоны составляет около 900 га, а более 50% выделенной территории уже полностью занято отходами. В сельской местности в последние годы создана сеть санкционированных мест складирования отходов – *мини-полигонов* (объекты захоронения ТКО годовой мощностью до 5,0 тыс. м³ или до 1,0 тыс. тонн в год).

На объектах захоронения ТКО запрещается захоронение трупов животных, отходов 1-2 классов опасности, необезвреженных медицинских отходов, любых радиоактивных веществ, отходов производства, содержащих тяжелые металлы и горючие и взрывоопасные компоненты, биологически опасных отходов и вторичных материальных ресурсов.

На объектах захоронения ТКО должен предусматриваться комплекс мероприятий по предотвращению загрязнения окружающей среды отходами, продуктами их взаимодействия или разложения, в период эксплуатации этих объектов и после их вывода из эксплуатации.

Проектируемая вместимость полигона рассчитывается для обоснования требуемой площади участка складирования отходов. Вместимость полигона $E_{\text{п}}$ на расчетный срок определяется по формуле:

$$E_{\text{п}} = \frac{Y_1 + Y_2}{2} \cdot \frac{H_1 + H_2}{2} \cdot T \cdot \frac{K_2}{K_1},$$

где Y_1 и Y_2 – удельные годовые нормы накопления ТКО на первый и последний годы эксплуатации, м³/чел.год;

H_1 и H_2 – количество обслуживаемого полигоном населения на первый и последний годы эксплуатации, чел.;

T – расчетный срок эксплуатации полигона, лет;

K_1 – коэффициент, учитывающий уплотнение отходов в процессе эксплуатации на весь расчетный срок эксплуатации;

K_2 – коэффициент, учитывающий объем изолирующих слоев грунта (промежуточных и окончательных). Для предварительных расчетов необходимо принимать $K_1 = 4,5$; $K_2 = 1,15$.

При хранении ТКО могут самовозгораться, дымить, при их гниении выделяются вредные и ядовитые вещества. При разложении ТКО в массе образуется значительное количество метана, который не только загрязняет атмосферу, но и может создавать взрыво- и пожароопасную обстановку в местах захоронения отходов. В составе газов, выделяющихся в процессе гниения ТКО, содержатся: поливинилхлорид – до 48 мг/м³, дихлорметан – 106; дихлоранфторметан – 35; толуол – 236; этилбензол и ксилол – по 20; циклогексан – 43; сернистые соединения – до 633 и более 20 других веществ с концентрацией от 3 до 14 мг/м³.

Наличие в ТКО тяжелых металлов, обладающих высокой токсичностью, представляет особую опасность для окружающей среды. В 1 кг ТКО содержится (в мг): мышьяк – до 6; свинец – 3 000; кадмий – 50; хром – 2 810; медь – 1 000; марганец – 200; никель – 189; ртуть – 15; цинк – 4 000. Следовательно, в килограмме ТКО может содержаться от 285 мг до 11,26 г различных тяжелых металлов, которые со свалок под воздействием влаги попадают в почву и грунтовые воды.

Свалки являются весьма существенным источником возникновения болезнетворных микроорганизмов. С помощью многочисленных обитателей свалок (птиц, животных, насекомых) они разносятся в населенные пункты, создавая опасность появления эпидемий инфекционных заболеваний, в том числе и птичьего гриппа.

Таким образом, складирование и захоронение отходов на полигонах является дорогостоящим и небезопасным мероприятием, не разрешающим проблему защиты окружающей среды от загрязнения. Поэтому проектирование и эксплуатация объектов захоронения ТКО строго регламентируется ТКП 17.11-02-2009

«Охрана окружающей среды и природопользование. Отходы. Обращение с коммунальными отходами. Объекты захоронения твердых коммунальных отходов. Правила проектирования и эксплуатации».

В настоящее время наиболее перспективным направлением борьбы с накоплением ТКО является их обезвреживание. Обезвреживание ТКО представляет собой деятельность, направленную на обработку, сжигание или уничтожение их иным способом, в том числе приводящую к уменьшению объема ТКО и/или ликвидации их опасных свойств (за исключением деятельности по захоронению ТКО), не связанной с их использованием.

Обезвреживание отходов может осуществляться только в случае отсутствия объектов по их использованию или при экономической нецелесообразности такого использования.

Обезвреживание можно производить механическими, термическими, физико-химическими, биологическими и комбинированными методами.

В любом случае предварительными стадиями обезвреживания является механическая обработка отходов – сортировка, сепарация, измельчение или прессование.

Для переработки твердых отходов применяются такие процессы, как дробление и измельчение, классификация и сортировка, обогащение в тяжелых средах, отсадка, магнитная и электрическая сепарация, сушка и грануляция, термические процессы, твердофазная экстракция и т. д.

Для дробления и измельчения твердых отходов на минеральной основе (отходы горнодобычи, шлаки, штейны, фосфогипс, пиритные и колчеданные огарки и др.) применяют машины, в которых используют способы измельчения, основанные на раздавливании, раскалывании, размалывании, истирании и ударе.

Измельчение твердых отходов на органической основе (резинотканевые, из полимерных материалов, древесные и др.) осуществляется в машинах, принцип действия которых основан на распиливании, резании и ударе.

Для разделения твердых материалов на фракции по крупности используют такие способы, как просеивание или грохочение через сита и решета. Для гидравлической классификации применяют спиральные классификаторы и гидроциклоны, для воздушной классификации - воздушно-проходные сепараторы.

Для сепарирования и обогащения твердых материалов используют следующие методы: гравитационный, флотационный, магнитный, электрический и др.

Термические методы могут реализовываться в процессах сжигания или пиролиза. При этом извлекаются вторичные материальные ресурсы (ВМР) и генерируются тепловая или электрическая энергия.

Сжиганию подвергают полимерные материалы (пластмассы, смолы, резину), органические вещества с температурой плавления более 30-40°C, текстильные отходы и др. Теплота сгорания горючих отходов составляет 11000-20 000 кДж/кг.

Для их сжигания требуется избыток воздуха – от 40 до 100% от теоретического количества (по стехиометрической реакции). При сжигании органических отходов могут образовываться следующие газообразные продукты: CO_2 , N_2 , NO_x , H_2O , HF , HCl , HBr , SO_2 и др. Минеральные вещества остаются в золе. Целесообразно проводить дожигание газов с получением новых продуктов, которые можно использовать в производственном цикле в качестве сырья или промежуточных продуктов. Выделяющуюся теплоту также целесообразно использовать.

Некоторые органические отходы (содержащие, например, целлюлозу, резину, полимеры) можно подвергать пиролизу. Пиролиз относится к прогрессивным способам переработки пластмассовых отходов. Он протекает при 500-1000°C в бескислородной (обедненной кислородом) среде, что препятствует возгоранию полимеров. Количество и состав продуктов пиролиза зависят от исходных веществ и технологического режима переработки. В среднем продукты разложения отходов содержат 30% воды, 25% газов, 15% смолы и 30% кокса. Из отходов полиэтилена при пиролизе в псевдоожиженном слое при 740°C получают до 25% этилена, 16% метана, 12% бензола и 10% пропилена.

В зависимости от свойств производственных отходов выбирают ту или иную конструкцию печи сжигания, но все они должны отвечать следующим основным требованиям:

- обеспечивать хорошее перемешивание твердых отходов в процессе горения для лучшего проникновения кислорода воздуха в массу отходов и возможно более полного процесса окисления органической части твердых отходов;
- сохранять и поддерживать достаточно высокие температуры, гарантирующие полное сгорание органических составляющих твердых отходов, надежное воспламенение и устойчивое горение твердых отходов;
- обеспечивать полное обезвреживание минеральной части промышленных отходов от органических веществ;
- сочетать простоту конструкции с удобством обслуживания.

Более целесообразны физико-химические методы переработки полимерных отходов:

- деструкция отходов с целью получения мономеров или олигомеров, пригодных для получения волокна и пленки;
- повторное плавление отходов для получения гранулята, агломерата и изделий экструзией или литьем под давлением;
- пересаживание из растворов с получением порошков для нанесения покрытий; получение композиционных материалов;
- химическая модификация для производства материалов с новыми свойствами и др.

Биологические методы осуществляются в виде аэробной стабилизации или анаэробного сбраживания.

Аэробная стабилизация ТКО представляет собой биологическое разложение органических веществ ТКО микроорганизмами в присутствии кислорода.

Анаэробное сбраживание (метаногенез) – это аналогичный процесс, происходящий при отсутствии или дефиците кислорода.

Биологические методы обезвреживания ТКО позволяют извлекать ВМР и получать биогаз, компост или гумус. Однако эти методы предъявляют определенные требования к составу и свойствам ТКО (таблица 10.6).

Таблица 10.6 – Состав и свойства ТКО, принимаемых на объекты обезвреживания с использованием биологических методов

Показатель	Единица измерения	Норма
Влажность	%	Не более 60
Реакция среды	pH	4,5-7,0
Содержание органического вещества	% на сухую массу	Не менее 45
Азот общий	% на сухую массу	Не менее 0,5
Отношение C/N		Не более 35
Содержание пищевых отходов	%	25-55
Содержание бумаги	%	20-45
Содержание стекла	%	Не более 8
Суммарное содержание инертных материалов (металл, стекло, дерево, кожа, резина, камни, пластмасса)	%	Не более 25

В настоящее время в РБ на Минском полигоне «Тростенец» смонтирована установка для активной дегазации полигона, которая позволяет через 37 специально пробуренных газодренажных скважин собирать метан, образующийся в биохимических процессах. Метан сжигается в трех газопоршневых агрегатах мощностью по 1 МВт с получением электроэнергии и теплоты, которые используются по прямому назначению.

По предварительным расчетам, общая мощность производимой электроэнергии составит около 24 млн. кВт/год. Похожая установка будет внедрена и на Брестском полигоне ТКО.

Комбинированные методы представляют собой сочетание двух или более методов обезвреживания ТКО.

Эксплуатация объектов обезвреживания отходов, приводящая к образованию стойких органических соединений в количестве, превышающем НДС, а также увеличение ВМР запрещается.

Проблема отходов должна решаться на месте их образования путем внедрения *ресурсовозобновляющих технологий* (РВТ), обеспечивающих минимизацию промышленных выбросов и выхода вторичных отходов.

В настоящее время в Запорожье (Украина) вводится в строй первый в мире завод РВТ производительностью переработки 1 000-1 500 т(ТКО)/сут. На заводе предусмотрены участки теххимической, физико-химической и биотехнологической обработки отходов. Полученные вторичные ресурсы представляют собой металлолом, биотопливо, стройматериалы, органические удобрения и др.

10.3.5. Охрана недр

В Республике Беларусь принят ряд законодательных актов, регулирующих отношения, возникающие в связи с геологическим изучением, использованием и охраной недр РБ: Кодекс РБ о недрах, Правила рациональной комплексной переработки твердых полезных ископаемых и другие ТНПА.

Недра – это часть земной коры, расположенная ниже почвенного слоя, а при его отсутствии -- ниже земной поверхности, дна водоемов, водотоков.

Основные требования по охране и защите недр:

- обеспечивать полное и комплексное геологическое изучение недр;
- соблюдать установленный порядок пользования недрами и не допускать самовольное пользование ими;
- наиболее полно извлекать из недр и рационально использовать запасы основных полезных ископаемых и попутных компонентов;
- рационально использовать вскрышные породы;
- не допускать вредного влияния работ, связанных с пользованиями недрами, на сохранность полезных ископаемых;
- предупреждать самовольную застройку площадей залегания полезных ископаемых;
- безотлагательно сообщать органам и подразделениям по чрезвычайным ситуациям РБ, а также местным исполнительным и распорядительным органам о возникновении при пользовании недрами чрезвычайных ситуаций, угрожающих жизни и здоровью граждан, имуществу граждан, в том числе индивидуальных предпринимателей, и юридических лиц, имуществу, находящемуся в собственности государства, окружающей среде;
- при обнаружении материальных объектов, которые могут представлять историко-культурную ценность (археологические объекты, элементы декора, художественной отделки, остатки росписи и т.п.), безотлагательно остановить работы или иную деятельность, которые могут оказывать воздействие на эти объекты, принять меры по их сохранению и сообщить об этих находках в государственные органы, определенные законодательством об охране и использовании историко-культурного наследия;
- разрабатывать и осуществлять мероприятия по охране недр и защите месторождений;

- возмещать вред, причиненный при пользовании недрами жизни и здоровью граждан, имуществу граждан, в том числе индивидуальных предпринимателей, и юридических лиц, имуществу, находящемуся в собственности государства;
- предотвращать загрязнение недр при подземном хранении нефтепродуктов, нефти, газа и иных веществ, захоронении загрязняющих веществ и отходов производства.
- проводить рекультивацию земель, нарушенных при пользовании недрами;
- проводить локальный мониторинг окружающей среды в границах предоставленного горного отвода, а также за его пределами в случае, если негативные последствия для нарушенных земель, иных компонентов природной среды и природных объектов, зданий и сооружений могут быть связаны с проведением горных работ;
- вести в соответствии со ст. 72 настоящего Кодекса о недрах наблюдения за сдвижением горных пород в зоне их возможных деформаций и осуществлять прогнозирование возможной деформации земной поверхности и горного массива в результате проведения горных работ;
- приводить нарушенные при пользовании недрами иные компоненты природной среды и природные объекты, а также здания и сооружения в состояние, пригодное для их дальнейшего использования.

В основу защиты недр должен быть положен принцип наиболее полного изъятия основных и попутных полезных ископаемых. Так, известно, что если повысить отдачу недр всего на 1%, то можно дополнительно получать 9 млн. т угля, около 9 млрд. м³ газа, свыше 10 млн. т нефти, около 3 млн. т железной руды.

Особенно важно максимально возможное комплексное использование минерального сырья, включая утилизацию отходов.

При пользовании недрами в качестве природоохранных мероприятий необходимо осуществлять охрану земной поверхности, поверхностных и подземных вод, месторождений, проводить рекультивацию (восстановление) выработанных участков, предотвращать вредное воздействие разработки месторождения на окружающую среду в целом.



Тема 11. ОРГАНИЗАЦИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

11.1. Экологическая безопасность

На современном этапе все большее значение приобретает такое понятие, как «экологическая безопасность». Экологическая безопасность представляет собой важную часть общей концепции безопасности человека и общества.

Экологическая безопасность – это состояние защищенности окружающей среды, жизни и здоровья граждан от возможного вредного воздействия хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

Для разработки согласованной законодательной деятельности в области экологической безопасности государств Содружества Независимых Государств (СНГ) Постановлением Межпарламентской Ассамблеи государств – участников СНГ в г. Санкт-Петербурге 29.12.1992 г. принят Рекомендательный законодательный акт «О принципах экологической безопасности в государствах содружества», в котором определены общие принципы формирования национальной политики в области экологической безопасности, а именно:

- ◆ приоритет безопасности для жизни и здоровья личности и общества в целом, общечеловеческих ценностей перед любыми другими сферами деятельности;
- ◆ суверенитет Государства над природными ресурсами;
- ◆ непричинение ущерба окружающей среде за пределами юрисдикции Государства;
- ◆ взаимная консультация заинтересованных государств в ситуациях, развитие которых создает или может создавать угрозу экологической безопасности;
- ◆ согласование государственного механизма возмещения ущерба;
- ◆ неотвратимость ответственности за ущерб, причиненный трансграничным загрязнением (загрязнитель платит);
- ◆ солидарная ответственность за ущерб, причиненный трансграничным загрязнением (загрязнитель платит);
- ◆ солидарная ответственность за причиненный вред государствами – участниками;
- ◆ платность природопользования;
- ◆ согласование экологической политики государств;
- ◆ согласование законодательной политики государств в области обеспечения экологической безопасности;
- ◆ взаимопомощь государств при ликвидации последствий и предупреждении экологического бедствия;

- ◆ широкое участие в международной деятельности в области экологической безопасности;
- ◆ разрешительный порядок осуществления производственной и другой деятельности, способный создавать угрозу экологической безопасности населения или территории;
- ◆ обязательность государственной экологической и санитарно-эпидемиологической экспертизы всех проектов строительства, реконструкции и производства любой продукции;
- ◆ государственная поддержка мероприятий по оздоровлению среды обитания человека;
- ◆ организация системы государственного экологического мониторинга состояния окружающей природной среды;
- ◆ обеспечение полной, достоверной и своевременной информированности граждан, учреждений и организаций об угрозах экологической безопасности;
- ◆ гласность планов осуществления деятельности, способной угрожать экологической безопасности населения, общества или природной среды.

Перечисленные принципы находят свое отражение при разработке законодательных и иных НПА и ТНПА в Республике Беларусь.

Например, согласно Закону РБ «Об охране окружающей среды», основными *принципами охраны окружающей среды* являются следующие:

- приоритет охраны жизни и здоровья человека;
- научно обоснованное сочетание экологических и экономических интересов;
- рациональное и неистощительное использование природных ресурсов;
- платность природопользования;
- соблюдение требований природоохранного законодательства, неотвратимость ответственности за его нарушение;
- гласность в работе экологических организаций и тесная связь их с общественными объединениями и населением в решении природоохранных задач;
- международное сотрудничество в области охраны окружающей среды и др.

В основу экологической безопасности заложены положения Национальной стратегии устойчивого социально-экономического развития РБ на период до 2020 года, Концепции национальной безопасности РБ, Концепции государственной политики РБ в области охраны окружающей среды, Стратегии в области охраны окружающей среды РБ на период до 2020 г. и др. документов.

Первым и наиболее общим принципом экологической безопасности является глобальность, т.е. исходный природно-ресурсный потенциал в ходе исторического развития непрерывно истощается, что требует от человечества более полного его использования.

Второй основополагающий принцип – рациональность, т.е. «экологичное – экономично». Это значит, что, чем расчетливее подход к природным ресурсам и среде обитания, тем меньше требуется энергетических и других за-

трат. Воспроизводство природно-ресурсного потенциала и затраты на его использование должны быть сопоставимы с экономическими результатами эксплуатации природы.

Третий принцип – комплексность, т.е. все компоненты природной среды (атмосферный воздух, вода, почва и др.) охранять и защищать следует не по отдельности, а в целом, как единую среду обитания. Только при таком экологическом подходе возможно сохранение недр, ландшафтов, генофонда животных и растений, физико-химических условий среды.

11.2. Экологическая оценка производства. Оценка безотходности

При *экологической оценке* реального производства изучают степень его воздействия на окружающую среду и приближения к безотходному. При этом могут быть использованы следующие методы:

- *балансовый* – составление и анализ материальных и энергетических балансов предприятия в целом или отдельных подразделений, технологических процессов, участков, основного оборудования и т. д.;
- *нормативный* – основан на использовании научно обоснованных нормативов затрат сырья, материалов, энергии, удельных норм образования отходов и т.д.;
- *экспертный* – учитывает результаты экологической сертификации, опыт и знания квалифицированных специалистов;
- *инструментальный* – использование результатов непосредственных замеров качественных и количественных характеристик выбросов загрязняющих веществ с помощью аттестованных приборов и по утвержденным методикам анализа;
- *расчетный* – предусматривает количественную оценку экологичности по теоретическим и эмпирическим зависимостям, полученным путем обобщения результатов инструментальных исследований значительного количества аналогичных объектов.

Наиболее полную и надежную информацию об источниках и объемах выбросов загрязняющих веществ в окружающую среду можно получить из анализа *материальных балансов*. Они составляются на основании технологических схем, блок-схем входящих и выходящих материальных потоков. По данным материального баланса определяются удельные показатели выбросов, сбросов и отходов производства. Удельные энергозатраты оцениваются по результатам энергетического баланса.

В конечном итоге степень экологичности производства заключается в оценке его безотходности.

По определению ЕЭК ООН, *безотходная технология* – это такой способ производства продукции, при котором наиболее рационально и комплексно используются сырье и энергия в цикле «сырьевые ресурсы – производство – потребление – вторичные сырьевые ресурсы» таким образом, что любые воздействия на окружающую среду не нарушают ее нормального функционирования.

ния. В соответствии с этим определением безотходное производство является практически замкнутой системой, организованной по аналогии с природными экологическими системами. В природных системах отходы жизнедеятельности одних организмов используются другими организмами, и в целом осуществляется саморегулирующийся биогеохимический круговорот вещества и энергии.

Основу построения безотходной технологии, а в широком смысле экономики («замкнутого цикла»), например, в Японии, составляет так называемая «политика 3R», представляющая собой аббревиатуру от трех английских слов: «*reduce*» (сокращение количества отходов) – «*reuse*» (повторное использование компонентов продукции) – «*recycling*» (повторное использование остатков продукции в качестве сырья). В рамках этой политики на сегодняшний день работают предприятия, вырабатывающие 35 видов продукции, на долю которых приходится 60% промышленной продукции и 50% промышленных отходов.

Рассматривая концепцию безотходного производства, необходимо выделить три основных положения.

1. Безотходное производство – это замкнутая система, организованная по аналогии с природными экологическими системами. Его основу должен составлять сознательно организованный человеком круговорот сырья, продукции и отходов.

2. При организации производства обязательно включение в него всех компонентов сырья и максимально возможное использование энергии (ограниченное вторым законом термодинамики). Таким образом, экологически чистые производства являются малоотходными и ресурсосберегающими.

Под малоотходным понимается такой способ производства продукции, при котором вредное воздействие на окружающую среду не превышает уровня, допустимого санитарно-гигиеническими нормами, а часть сырья и материалов по технологическим, организационным, экономическим или другим причинам переходит в неиспользуемые отходы и направляется на длительное хранение или захоронение.

3. Малоотходное производство обеспечивает сохранение нормального функционирования окружающей среды и сложившегося экологического равновесия.

В основе организации безотходного или малоотходного производства лежат ряд принципов:

1. **Принцип системности**, в соответствии с которым каждый отдельный процесс или производство рассматривается как элемент более сложной производственной динамичной системы – территориально-производственного комплекса (ТПК) в регионе или как элемент эколого-экономической системы в целом. Таким образом, принцип системности учитывает существующую взаимосвязь производственных, социальных и природных процессов.

2. **Принцип комплексности**, или **комплексного использования ресурсов**, требует максимального использования всех компонентов сырья, сопутствующих элементов, максимально возможной замены первичных сырьевых и энергетических ресурсов вторичными. Комплексное использование сырьевых и энергетических ресурсов имеет не только экологическое значение, но и повышает экономическую эффективность производства.

3. *Принцип цикличности материальных потоков* (замкнутость водных и газозвоздушных оборотных циклов) должен привести к формированию в отдельных регионах и во всей техносфере сознательно организованного и регулируемого техногенного круговорота веществ и связанных с ними превращений энергии. Очистка сточных вод и газозвоздушных потоков должна обеспечивать одновременное извлечение и утилизацию ценных компонентов.

4. *Принцип экологичности, или ограничения воздействия производства на окружающую природную и социальную среду* (атмосферный воздух, воду, поверхность земли, рекреационные ресурсы и здоровье населения), т.е. соблюдение предельно допустимых нагрузок на окружающую среду. Принцип экологичности в первую очередь связан с планомерным и целенаправленным ростом объемов производства и его экологического совершенства.

5. *Принцип рациональности организации производства* предполагает оптимизацию производства одновременно по энерготехнологическим, экономическим и экологическим параметрам. Основным путем достижения этой цели являются разработка новых и усовершенствование существующих технологических процессов и производств.

При организации мало- или безотходного производства необходимо определить, какая часть сырья и материалов может быть направлена на длительное хранение или захоронение. Для этого в ряде отраслей промышленности России имеются количественные показатели оценки безотходности. В цветной металлургии широко используется *коэффициент комплексности*, определяемый долей полезных веществ, извлекаемых из перерабатываемого сырья по отношению ко всему его количеству (в процентах). На некоторых предприятиях он превышает 80%. В угольной промышленности введен *коэффициент безотходности производства* $K_{Б.П.}$:

$$K_{Б.П.} = 0,33 \cdot (K_{Б.Пор.} + K_{Б.В.} + K_{Б.Г.}),$$

где $K_{Б.Пор.}$, $K_{Б.В.}$, $K_{Б.Г.}$ – коэффициенты использования породы, попутно забираемой воды и использования пылегазовых отходов соответственно.

В первом приближении для практических целей значение коэффициента безотходности (или коэффициента комплексности), равное 75% и выше, можно принять в качестве количественного критерия малоотходного производства, а 95% – безотходного производства. При этом должна учитываться токсичность отходов.

В химической промышленности используется *коэффициент безотходности* K_B . Этот коэффициент характеризует полноту использования минеральных и энергетических ресурсов, а также определяет интенсивность воздействия данного химического производства на окружающую среду. Он является безразмерной величиной, лежит в интервале от 0 до 1 и выражается формулой:

$$K_B = \varphi \cdot K_M \cdot K_{ЭН} \cdot K_{Э},$$

где φ – коэффициент пропорциональности, определяемый эмпирически;

K_M – коэффициент, характеризующий полноту использования материальных ресурсов, его можно рассчитать, зная массу основной продукции, массу основного сырья и материалов основного производства, массу дополнительного сырья и материалов;

$K_{ЭН}$ – коэффициент, характеризующий полноту использования энергетических ресурсов, определяемый по формуле:

$$K_{ЭН} \cong КПД_{ФАКТ.ЭН} / КПД_{ТЕОР.ЭН} ,$$

$K_Э$ – коэффициент соответствия экологическим требованиям (коэффициент экологичности), рассчитывается с учетом фактического ущерба (руб./год) и допустимого ущерба, который возникает в случае соответствия сбросов и выбросов значениям нормативов ПДК (руб./год).

Если расчетные значения $K_Б$ лежат в пределах 0,75-0,8, то производство относится к малоотходному, а при $K_Б = 0,9-0,98$ – к безотходному.

Степень замкнутости процесса (производства) по отношению к окружающей среде определяется отношением массы произведенной продукции к израсходованной на ее получение массе материально-сырьевых ресурсов. К произведенной относится основная продукция, побочная продукция, изготавливаемая на данном предприятии из отходов, а также масса отходов, реализуемых на другие предприятия, где они служат либо исходным сырьем для получения продукции, либо готовой продукцией (корм). С учетом этого *коэффициент полноты использования материальных ресурсов K_M* рассчитывают по формуле:

$$K_M = \Sigma M \cdot (V_{П} - V_{Н}) / \Sigma M \cdot V_{П} ,$$

где M – фактический расход сырья, материалов на единицу производимой продукции;

$V_{П}$ – объем производства продукции;

$V_{Н}$ – объем неиспользуемых отходов.

Коэффициент K_M рассчитывается на основе составленного для каждого варианта технологического процесса уравнения сквозного материального баланса, характеризующего количественное движение всех видов сырья, материалов и др., размеры образования и использования отходов, побочных продуктов, размеры потерь. Коэффициенты полноты использования материальных ресурсов должны рассчитываться при производстве каждого вида продукции, а также для технологических процессов, линий, схем производства однотипных продуктов, т.к. только таким способом становится возможным проведение сравнительной оценки различных вариантов производства одних и тех же продуктов.

Коэффициент экологичности $K_Э$ может также определяться как

$$K_Э = B_T / B_Ф ,$$

где B_T – теоретическое воздействие, необходимое для производства,

$B_Ф$ – фактическое воздействие.

Если $B_{\phi} \gg B_T$, то $K_{\Sigma} \rightarrow 0$, т.е. данное производство абсолютно не учитывает требований экологической безопасности, и наоборот, чем больше значение K_{Σ} , тем больше производство приближается к безотходному.

Эффективность процессов очистки промышленных выбросов (сбросов) напрямую связана с уровнем загрязнения окружающей среды промышленным производством. Чем выше эффективность используемых процессов, тем меньше загрязнение окружающей среды. Экологическую оценку влияния промышленного производства на окружающую среду можно произвести по следующим показателям:

- достигаемой степени очистки вредных выбросов (ПДК, остаточные концентрации);
- уровню загрязнения окружающей среды;
- капитальным и эксплуатационным затратам на экозащитную технику и др.

Целесообразно также рассчитывать *экономический эффект* \mathcal{E} от рационального использования сырья и ресурсов:

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_{и.о.} + \mathcal{E}_y + \mathcal{E}_p,$$

где $\mathcal{E}_{и.о.}$ – экономический эффект от использования отходов производства, \mathcal{E}_y – эффект от предотвращения социально-экономического ущерба от загрязнения окружающей среды;

\mathcal{E}_p – эффект от снижения затрат на добычу сырья (региональный эффект).

Оценка технологий пищевой промышленности по указанной методике показала, что большинство технологических процессов, разрабатываемых и действующих в отраслях пищевой промышленности, можно отнести к категории малоотходных (таблица 11.1).

Таблица 11.1 – Категории безотходности некоторых технологий пищевой промышленности

Промышленность	Технология	Оценка безотходности (значение K_B)
Сахарная промышленность	процессы производства сахара при полном использовании свекловичного жома (на корм или сушку) с одновременным использованием фильтрационного осадка	условно-безотходные ($K_B = 0,98$)
	остальные производства	малоотходные
Мукомольно-крупяная промышленность	процессы мукомольного и крупяного производства	условно-безотходные
	технологии производства рисовой и гречневой круп рядовых	рядовые
Крахмалопаточная промышленность	кукурузо-крахмальные производства	малоотходные
	картофель-крахмальные производства	рядовые
Пивоваренная промышленность	технологии получения на основе вторичных сырьевых ресурсов пивоварения (ВСП) белково-кормового продукта и утилизации углекислоты	условно-безотходные
Спиртовая промышленность	все применяемые технологии	рядовые и малоотходные

Таким образом, методику количественной оценки технологических процессов производства по степени мало- и безотходности можно рассматривать как один из путей анализа ресурсосбережения и экологичности производств. Применение данной методики для оценки действующих и разрабатываемых технологий (производств) позволяет ранжировать их, что, в свою очередь, способствует внедрению наиболее прогрессивных технологий.

В некоторых случаях, когда экономически целесообразно или технически сложно определить качество и количество выбросов, можно воспользоваться установленными удельными показателями.

11.3. Комплексное использование природных ресурсов

Комплексное использование природных ресурсов – это удовлетворение потребностей общества в определенных видах природных ресурсов, основанное на экономически и экологически оправданном использовании всех их полезных свойств, на максимально полной переработке и всестороннем вовлечении их в хозяйственный оборот с учетом перспектив развития различных отраслей хозяйственной деятельности, природоохранных норм и требований, интересов настоящего и будущих поколений людей. Принцип комплексности составляет основу рационального и экономного использования природных богатств, максимального ограничения возможных негативных последствий антропогенного воздействия на окружающую среду.

Для стимулирования работ по комплексной переработке полезных ископаемых в РБ действуют Правила рациональной комплексной переработки твердых полезных ископаемых, утвержденные МЧС РБ от 22.11.2004 № 39.

Сущность комплексного использования заключается в последовательной переработке сырья сложного состава в различные ценные продукты с целью наиболее полного использования всех компонентов сырья.

Комплексная переработка сырья наиболее эффективно реализуется в случае деятельности производств и предприятий в виде комбинатов или *территориально-производственных комплексов (ТПК)*. При этом отходы (твердые, жидкие, газообразные) одних производств используются в виде сырья на других производствах. Экономический эффект подобной связи обусловлен использованием дешевого сырья (отходов) и возможностью ведения совместного общезаводского хозяйства (транспорт, энергетика, складирование материалов, очистные сооружения, централизованное подсобное обслуживание и т. п.). При этом на 60-70% сокращаются капиталовложения в общезаводское хозяйство, что в итоге приводит к снижению себестоимости продукции.

В настоящее время при производстве калийных удобрений в товарный продукт переходит немногим более 20% от всего объема добычи сильвинитовой руды, остальное сырье – это отходы производства. Поэтому главной задачей калийной промышленности является повышение степени извлечения по-

лезного компонента при добыче из недр, снижение потерь при переработке руды и утилизация отходов производства. Решение этой задачи позволит, с одной стороны, увеличить выпуск калийных удобрений без увеличения объемов добычи руды и, с другой стороны, обеспечить снижение количества образующихся отходов, складываемых на поверхности земли.

Принцип комплексности предполагается реализовать при строительстве в Гомельской области горно-обогачительного комбината по добыче бурого угля, из которого будет производиться 600 тыс. т моторного топлива в год. В рамках этого проекта в комплексе планируется построить электростанцию и химический комбинат для производства катализаторов, метанола и синтез-газа, которые служат сырьем для получения удобрений, пластмасс, резинотехнических изделий и других видов химической продукции.

Таким образом, комплексное использование сырья в химическом производстве является главным условием организации мало- и безотходных технологий.

11.3.1. Комплексная переработка резиносодержащих отходов

Изношенные шины представляют собой самый крупнотоннажный вид полимерсодержащих отходов, практически не подверженных естественному разложению. Общеизвестно, что мировые запасы изношенных автомобильных покрышек (ИАП) оцениваются в 25 млн. т при их ежегодном приросте не менее 7 млн. т. В России и СНГ ежегодный объем выбрасываемых автошин оценивается величиной более 1 млн. т.

Объемы образования амортизированных шин приведены в таблице 11.2.

Таблица 11.2 – Объемы образования изношенных шин в некоторых странах Европы

Страна	Количество, тыс. т/год
Голландия	45-60
Швейцария	50
Дания	30-77
Норвегия	26
Швеция	50
Финляндия	30-35
Австрия	40-46
Испания	160

В 2010 г. в РБ образовалось 49,8 тыс. т резиносодержащих отходов, из них 45,3 тыс. т использовано, передано или реализовано другим организациям. На начало 2011 г. в стране на территориях субъектов хозяйственной деятельности было накоплено 19,4 тыс. т резиносодержащих отходов (преимущественно ИАП).

В настоящее время этот вид отходов производства и потребления складывается на территории предприятий и является существенным источником загрязнения окружающей среды.

Во-первых, несмотря на то, что шины не подвергаются биологическому разложению, по мнению ряда исследователей, из резины в местах складирования шин может вымываться целый ряд токсичных органических соединений, таких как, азулен, бензотиазол, фенантрен, 2-метилбензотиазол, дифениламин и множество других, в зависимости от состава используемых при производстве автошин мягчителей, ускорителей вулканизации и других добавок. Поступление таких труднорастворимых веществ в окружающую среду может приводить к загрязнению подземных вод.

Во-вторых, большое скопление шин на территории предприятия создает повышенную пожарную опасность объекта. При горении шин в воздух могут поступать такие вредные продукты сгорания, как сажа, сернистый газ, пирен, фенантрен, антрацен, флуорантен, нафталин, дифенил, аценафтилен, флуорен, бензапирен и другие канцерогенные вещества.

В-третьих, при складировании изношенные шины служат идеальным местом размножения грызунов и кровососущих насекомых, которые являются переносчиками целого ряда тяжелых инфекционных заболеваний.

С другой стороны, изношенные автошины являются ценным полимерным сырьем, в каждой тонне которого содержится более 700 кг резины и 100-150 кг высококачественного металла. В свою очередь, резина содержит 45-55% каучука и 25-35% технического углерода.

Эти отходы человеческой деятельности могут быть повторно использованы для производства топлива, резинотехнических изделий и материалов строительного назначения, т.е. экономически эффективная переработка автошин позволит решить не только экологические проблемы, но и обеспечить высокую рентабельность перерабатывающих производств.

В разных странах за рубежом ежегодно перерабатываются различные объемы ИАП – от 87% в Японии и до 20-30% в США и большинстве стран Европы.

Для РБ в условиях постоянного повышения цен на энергоносители замена части технологических видов топлива, таких как природный газ и мазут, углеводородсодержащими отходами, в т.ч. использованными автомобильными шинами, является чрезвычайно актуальным.

В настоящее время в мировой практике применяется целый ряд технологий по переработке и утилизации отходов резины и изношенных автомобильных шин.

Эти технологии предполагают использование цельных шин для выработки энергии путем их сжигания в топках, для производства жидкого и газообразного топлива путем пиролиза, а также для получения резиновой крошки и порошка.

Изношенные шины могут применяться для устройства искусственных рифов, служащих местом обитания морской флоры и фауны. Так, например, фирмой «Гудьир» в 1970 г. у берегов Австралии был создан искусственный риф из 15 тыс. автошин. Аналогичные рифы созданы у берегов Флориды (215 тыс. шин), Новой Зеландии, Ямайки, Греции и Японии. Около 200 нерестилищ для

ценных видов рыб создано из изношенных шин в Германии. Следует отметить, что при этом не указывается на загрязнение морских вод какими-либо специфическими загрязняющими веществами.

Изношенные шины также используют для защиты склонов от ветровой и водной эрозии.

Весьма интересна разработка фирмы «Органикой» (Германия), которая позволяет эффективно использовать ИАП в качестве звукоизолирующего ограждения вдоль автострад.

Однако имеющийся мировой опыт свидетельствует, что наиболее распространенными методами утилизации изношенных автошин являются:

- сжигание их для выработки энергии,
- пиролиз при относительно низких температурах с получением легкого дистиллята,
- использование в качестве дополнительного технологического топлива в цементных печах,
- получение резиновой крошки и порошка, применяемых для замены натурального и синтетического каучука при изготовлении полимерных смесей и строительных материалов.

Сжигание шин с целью получения энергии широко практикуется во всем мире. В западноевропейских странах (Англия, Германия, Италия) электроэнергию и теплоту из отходов резины и ИАП получают уже более четверти века.

В РБ сжигание ИАП в цементных печах реализовано на ОАО «Красносельскстройматериалы» и ПРУП «Белорусский цементный завод». Технологическая схема процесса утилизации изношенных автомобильных шин следующая: ИАП поступают автомобильным транспортом на цементный завод, складываются в специально отведенном помещении, сортируются. Затем после взвешивания ленточным транспортером ИАП подаются в специально оборудованное шлюзовое отверстие, расположенное на строго определенном расстоянии от головки горячей части вращающейся цементной печи.

Согласно расчетным данным, время пребывания ИАП в печи 62,7 мин., а продолжительность нахождения газов до выхода из обреза печи составляет 7,5 с. Скорость движения газов в сечении печи – 10,78, а ИАП – 1,13 м/с.

Как показали исследования, сжигание ИАП в цементных печах в рекомендуемом диапазоне не повышает экологическую опасность выбросов цементного производства.

11.3.2. Комплексная переработка полиэфирных бутылок из-под напитков

Европейскими потребителями ежегодно собирается и возвращается на вторичную переработку свыше 210 тыс. т полиэтилентерефталата (ПЭТ) бутылок. Чаще всего использованные бутылки измельчаются в хлопья (флексы) размером 4-10 мм. Технология состоит в отделении от бутылок посторонних предметов, металла, песка, земли, этикеток, клея, пробок; дроблении и измельчении, мытье и сушке хлопьев.

Кипы спрессованных бутылок посредством автопогрузчика подаются на загрузочный конвейер, где происходит расформирование кип на отдельные бутылки. Конвейер оснащен электронным детектором металла. На следующей стадии в промывочном измельчителе происходит дробление бутылок до хлопьев размером порядка 10-14 мм. Этот процесс совмещается с промывкой полученных чешуек водой, подаваемой через форсунки по циркуляционной схеме. В процессе измельчения большинство этикеток отделяется от пластика из-за различия в свойствах ПЭТ и бумаги. В свою очередь, вода, которая подается на дробление, осуществляет функцию первичной промывки и удаляет с продукта грязь и песок. Транспортировка хлопьев из гранулятора производится шнеком.

Двухкратный цикл химической промывки производится в промывочной емкости водным раствором химикатов. Затем на установке ополаскивания обеспечивается удаление моющих средств, загрязняющих веществ и клея. Совместное воздействие горячей воды температурой ~60°C, системы барботажа и вращения материала во встроенной корзине обеспечивает тщательную отмывку хлопьев.

Далее чешуированный материал вместе с водой поступает во флотационную емкость для разделения материалов с разными относительными плотностями – ПЭТ бутылок, полипропилена и полиэтилена пробок и отрывных колец. Легкие материалы удаляются с поверхности воды, в то время как более тяжелые хлопья ПЭТ подаются со дна ванны посредством шнека на повторную промывку, аналогично описанной выше. Затем хлопья вместе с водой поступают в систему гидроциклона, где осуществляется разделение воды и хлопьев, а далее в сушилку.

В результате получают хлопья, готовые к отправке на станцию затаривания в мягкие контейнеры «биг-бэги» или на установки непосредственного использования.

11.4. Энергосбережение и рациональное использование теплоэнергетических ресурсов в промышленности

Энергосбережение представляет собой организационную, научную, практическую, информационную деятельность государственных органов, юридических и физических лиц, направленную на снижение расхода (потерь) топливно-энергетических ресурсов в процессах их добычи, переработки, транспортировки, хранения, производства, использования и утилизации.

Согласно мировому опыту энергосбережение выгодно практически всем:

- населению оно приносит улучшение качества окружающей среды, рост реальных доходов, увеличение количества рабочих мест;
- государству – снижение капитальных и текущих затрат, расширение базы налогообложения, увеличение доходов;
- производителям – снижение себестоимости продукции, рост прибыли, загрузки производства. Это в свою очередь приводит к повышению конкурентоспособности продукции, росту заработной платы, созданию новых рабочих мест.

Как уже указывалось, экономика республики имеет большой потенциал энергосбережения. Для его реализации необходимо на предприятиях проводить следующие технические мероприятия:

- внедрять новые энергосберегающие технологии при нагреве, термообработке, сушке изделий, современные эффективные строительные и теплоизоляционные материалы;
- применять парогазовые, газотурбинные установки, мини-ТЭЦ, ГЭС;
- модернизировать котельные с заменой теплоизоляции теплопроводов;
- заменять электродкотлы на топливные для возможности использования отходов производства, сельского и лесного хозяйства;
- переводить электросушильные агрегаты, электронагревательные печи на топливоиспользующие установки;
- осуществлять дизелизацию автотранспорта, перевод его на сжиженный и сжатый природный газ;
- производить топливо из бурых углей и сланцев, метанола и технического рапсового масла.

Для реализации энергосбережения в республике приняты одноименные республиканская, областные и отраслевые научно-технические программы.

Республиканские программы разрабатываются на каждые пять лет, начиная с 2001 г., а региональные – сроком на один год. Отраслевые программы бывают как долгосрочные, так и краткосрочные: сроком на один год.

В республиканской программе указывается, что энергосбережение является одним из приоритетных направлений национальной экономической политики и одновременно элементом региональных и глобальных природоохранных процессов, требующих координации деятельности различных стран. Кроме повышения энергоэффективности экономики, снижения зависимости от импорта теплоэнергетических ресурсов (ТЭР), повышения уровня энергетической безопасности, энергосбережение и развитие нетрадиционных и возобновляемых источников энергии являются важными путями решения экологических проблем.

Энергосбережение в промышленном производстве заключается в совершенствовании технологии и аппаратурного оформления с целью максимально-го использования первичных и утилизации *вторичных энергоресурсов ВЭР*.

Энергоаудиты показывают, что резервы экономии как за счет уже известных и отработанных технологий, так и принципиально новых направлений достаточно велики. Например, такие энергоемкие предприятия, как РУП «БМЗ», КУП «Минскводоканал», завод «Полимир», ОАО «Нафтан» суммарно потребляют свыше 1,5 млн. т у.т. в год, а предложенные ими к внедрению энергосберегающие мероприятия позволят снизить потребление энергии на 186 тыс. т у.т.

На практике в различных отраслях экономики разработаны перечни типовых мероприятий, позволяющих повысить энергоэффективность производства различных видов продукции (таблица 11.3).

Таблица 11.3 – Энергосберегающие мероприятия по совершенствованию технологии производства в некоторых отраслях промышленности

Наименование мероприятия	Возможная экономия, эффективность
Брикетирование металлической стружки	860 т у.т. /год на один участок
Изготовление горючих брикетов из отходов кокса	12-15% кокса
Термокаталитическая очистка отходящих газов с дожиганием растворителя из сушильных установок	до 20% топлива
Подогрев воздуха до 250-300°C в рекуператорах термических печей	12-15% топлива
Полная изоляция огнеупорной кладки стекловаренных печей	до 20% топлива
Внедрение технологии опудривания гранул керамзита	0,14 т у.т./м ³
Утилизация теплоты уходящих газов для подогрева дутьевого воздуха в печах керамзита	0,03 т у.т. /м ³
Кипячение под давлением пивного сусла	14 т у.т. /млн. дал
Замена морально и физически устаревших котлов	19-20 кг у.т./Гкал тепловой энергии
Использование теплоты конденсата для подогрева воды на обратной линии системы отопления	10-20% от теплоты конденсата
Перегрев воды для мойки полов и оборудования на 1 градус сверх норматива 62-65°C	на 1,5-2% повышает расход теплоты
Герметизация сушильных установок, в т.ч. дверей, на мясокомбинате	до 6-8%> теплоты
Замена паровой системы отопления на водяную	на 12-16% теплоты
Наличие слоя пыли толщиной 5 мм на нагревательных приборах	На 5% увеличивает расход теплоты
Отсутствие утепления окон и дверей	До 60% повышает расход теплоты на отопление

Министерство промышленности РБ проводит работы по энергосбережению в следующих направлениях:

- разработка новых энергосберегающих и экологически чистых технологических процессов;
- оптимизация производственных процессов энергоемких производств;
- производство комплекса приборов учета потребляемых энергоносителей;
- создание комплекса новых энергонасыщенных машин и механизмов с низким потреблением энергоресурсов;
- внедрение автоматизированных систем управления (АСУ-Энергия) для оперативного контроля и управления параметрами потребления энергоресурсов в режиме реального времени по всем производственным участкам;
- применение электроприводов с частотными регуляторами;
- энергетическая оптимизация устройства и работы производственного освещения и вентиляции и др.

Одним из перспективных направлений энергосбережения является внедрение на многих машиностроительных предприятиях республики низкотемпературных красок, использование которых позволяет не только резко сократить энергозатраты на сушку окрашенных поверхностей, но и существенно снизить выбросы в атмосферу паров растворителей.

Энергосбережение может быть достигнуто за счет совершенствования технологических процессов, выбора рациональных видов сырья и методов его подготовки, комплексного использования сырья, применения эффективных катализаторов, организации энерготехнологических систем и установок, применения энергосберегающего оборудования, установки приборов учета и контроля.

Перспективным направлением рационального использования энергоресурсов является организация энерготехнологических систем – агрегатов, установок, производств, в которых теплота химических реакций и физико-химических процессов используется полностью. Наиболее эффективно комбинирование крупнотоннажных установок и производств, в которых энерговыделяющие устройства сочетаются с энергопотребляющими. В этих системах низко- и высокопотенциальная теплота дымовых и технологических газов утилизируется с максимальной полнотой, в том числе с подачей выработанного пара другим потребителям.

Отличительной особенностью энерготехнологических систем является строгая сбалансированность производства и потребления энергетического пара, основанная на утилизации ВЭР, в частности теплоты экзотермических реакций.

С этой целью все шире начинают использоваться газотурбинные установки, позволяющие утилизировать тепловую и кинетическую энергию технологических и дымовых газов с дополнительной выработкой электроэнергии. Такие установки успешно эксплуатируются на предприятиях строительных материалов, химической промышленности, металлургии.

Во многих странах Западной Европы, США, Японии и других экономически развитых странах активно ведется строительство установок малой мощности для комбинированного производства тепловой и электрической энергии. Мощность таких установок может составлять от нескольких киловатт на микроустановках, которые удобно вписываются в интерьер домашней кухни, подобно холодильнику или стиральной машине, до нескольких мегаватт для промышленных предприятий. Благодаря постоянному совершенствованию технологий, стоимость энергии, производимой на малых энергоустановках, приближается к ценам на электроэнергию крупных электростанций.

В последнее время в технике широко используется термин «когенерационные установки». *Когенерация* – термодинамическое производство двух или более форм полезной энергии из единственного первичного источника энергии. Когенерационные установки предназначены для выработки электроэнергии, пара и холода. В качестве источника энергии обычно применяют природный газ. Однако можно применять дизельное топливо, пропан, уголь, отходы от

древесины, биомассу, другие возобновляемые источники энергии. Например, в Дании в качестве энергетического источника используется солома. Генерируемая теплота применяется для отопления зданий, подогрева воды или производства пара в различных производственных процессах.

Основным элементом когенератора является двигатель внутреннего сгорания с электрогенератором на валу. При этом в среднем на 100 кВт электрической мощности потребитель получает 150-160 кВт тепловой мощности в виде горячей воды с температурой 90°C для отопления и горячего водоснабжения.

В настоящее время в промышленности наиболее широко используются *тепловые ВЭР*, которые чаще всего применяют для предварительного подогрева сырьевых материалов или воздуха, поступающих в производство с помощью различных теплообменников и рекуператоров теплоты. Для утилизации теплоты высокотемпературных потоков, например, дымовых газов, применяют регенераторы-камеры, заполненные насадкой из огнеупорного кирпича. При этом утилизация теплоты осуществляется за счет попеременного переключения потоков дымовых газов и дутьевого воздуха из одного регенератора в другой.

Теплота нагретых сред снимается в котлах-утилизаторах и экономайзерах, в которых производится водяной пар или нагреваются вода или воздух.

Энергию сжатых газов можно использовать для вращения турбин насосов, подающих жидкость в реактор или магистральную сеть.

В настоящее время все шире используются тепловые насосы – принципиально новые энергетические устройства для обогрева помещений. Принцип действия и устройство тепловых насосов аналогичны холодильным машинам, но они предназначены для выработки теплоты.

Теплонасосные станции отбирают теплоту низкопотенциальных источников и обогревают объекты, где требуется умеренная температура не выше 60-80°C. Эти устройства не загрязняют окружающую среду и экономичны, так как используют незначительное количество электроэнергии.

Обычно тепловой насос включает конденсатор, испарители, компрессор и расширительный клапан. В испарителе рабочее вещество (конденсат) испаряется при низких температуре и давлении за счет отбора теплоты от низкопотенциального источника. Пары засасываются в компрессор, где сжимаются до определенного давления, соответственно которому повышается их температура. После сжатия пары конденсируются в конденсаторе при охлаждении водой или воздухом, которые используются как теплоносители в системе теплоснабжения. Отдав часть теплоты в конденсаторе, жидкое рабочее вещество, находящееся под давлением, попадает в расширительный клапан, где резко снижаются его давление и температура. Далее описанный цикл повторяется.

Если в процессе работы установки теплота выделена используемым конденсатором, то она будет собственно тепловым насосом. Если эта теплота в установке отобрана используемым конденсатором, то она уже является холодильником.

Особенностью теплового насоса является то, что отдаваемая потребителю энергия превышает ее расход на привод компрессора за счет использования части энергии низкопотенциального источника. Энергетическая эффективность тепловых насосов характеризуется коэффициентом преобразования энергии, равного отношению количества энергии, переданной в конденсаторе, к ее количеству, израсходованному на привод компрессора. Значение этого коэффициента обычно превышает единицу, а его технически возможные значения находятся в пределах от 4 до 5. В Европе и Японии тепловые насосы широко используются в системах теплоснабжения, кондиционирования зданий и помещений.

Интерес представляют тепловые трубы, представляющие собой устройства, передающие большие тепловые мощности при небольших перепадах температур. Они состоят из герметичной трубы, частично заполненной жидким теплоносителем, который, испаряясь у одного конца трубы, поглощает теплоту, а затем, конденсируясь у другого конца трубы, ее отдает. На этом принципе производятся теплообменники на тепловых трубах.

В настоящее время большой интерес проявляется к топливным элементам. Они представляют собой устройства, вырабатывающие электроэнергию химическим способом, как в аккумуляторных батареях. Однако в них используются другие рабочие вещества – кислород и водород, а продуктом химической реакции является вода. В топливных элементах осуществляется процесс, обратный электролизу воды – соединение водорода с кислородом с выработкой энергии. В процессе используется электролит с двумя электродами и катализатор. На катод поступает кислород, а на анод – водород. В результате химической реакции образуется электрическая энергия. В качестве электролитов применяют фосфорную кислоту (КПД до 80%), твердые оксиды (КПД до 60%) и др. В Европе и Японии проводят испытания топливных элементов на автомобилях мощностью до 100 кВт.

Большой резерв энергосбережения имеется при эксплуатации холодильных машин. По данным Международного института холода, на охлаждение, необходимое для хранения продуктов и кондиционирование воздуха, используется более 10% мирового потребления энергии.

К энергосберегающим устройствам относятся трансформаторы теплоты – это установки для повышения температуры и переноса энергии (теплоты) от низкотемпературных источников к потребителям. К ним относятся криогенные установки, холодильные машины, кондиционеры, тепловые насосы и другие аналогичные устройства. В промышленности, кроме низкопотенциальных тепловых источников, имеются и высокотемпературные ВЭР, которые эффективно можно использовать с помощью сорбционных трансформаторов теплоты. По принципу действия они могут быть адсорбционными и абсорбционными.

В адсорбционных трансформаторах применяются твердые сорбенты, поглощающие вещества пористой массой, а в абсорбционных – жидкости.

Наибольшей распространенностью характеризуются абсорбционные трансформаторы. В них рабочим веществом служат двухкомпонентные (бинарные) смеси с различной температурой кипения. Рабочий агент имеет более низкую температуру кипения, а поглотитель (абсорбент) – более высокую. Температура кипения смеси в зависимости от концентрации раствора изменяется от минимальной до максимальной. Чаще всего в этих трансформаторах применяются водноаммиачные и бромисто-литиевые смеси.

Большой резерв энергосбережения представляет рационально организованная вентиляция производственных, общественных и жилых зданий, так как наибольшие потери теплоты из зданий происходят через системы принудительной вентиляции. Здесь необходимо широко использовать рециркуляцию воздуха, очистку воздуха от примесей непосредственно в помещении без выброса его в атмосферу, утилизацию теплоты вентиляционных выбросов. Энергосбережение в системах производственной вентиляции может быть достигнуто за счет:

- замены старых вентиляторов новыми, более экономичными;
- внедрения рациональных способов регулирования производительности вентиляторов (применение многоскоростных электродвигателей дает экономию электроэнергии 20-25%);
- блокировки вентиляторов тепловых завес с устройствами открывания и закрывания ворот; отключения вентиляционных установок во время технологических и организационных перерывов (экономию электроэнергии до 20%);
- внедрения автоматического управления вентиляционными установками и др.

Одним из возможных путей решения проблемы отопления больших производственных зданий может быть децентрализация системы теплоснабжения по теплоносителю, воде и пару за счет внедрения газового лучистого отопления (ГЛО) и газовых воздухонагревателей. В данном случае поток лучистой энергии инфракрасного спектра нагревает поверхность пола, стен или оборудования в рабочей зоне. При этом теплота не теряется на нагревание воздуха. Системы ГЛО уже более 50 лет успешно функционируют за рубежом. В РФ они внедрены на некоторых предприятиях с большим энергосберегающим эффектом.

Практика работы энергетических предприятий свидетельствует о том, что рациональная организация сбора и возврата конденсата водяного пара дает экономию сотен тысяч тонн условного топлива в год.

В промышленности на освещение в среднем расходуется до 10% потребляемой энергии. Установленная мощность осветительных установок на предприятиях колеблется от 1 до 20% мощности используемого силового оборудования. Экономия электроэнергии на освещение может быть получена за счет оптимизации светотехнической части самих осветительных установок и осветительных сетей, оптимизации систем управления и регулирования освещения, а также его рациональной эксплуатации.

Оптимизация светотехнической части осветительных установок и осветительных сетей включает в себя правильный выбор системы освещения и типов

источников света, экономичных схем размещения светильников, а также рациональный подбор видов светильников по их светораспределению и конструктивному исполнению.

Для освещения помещений используются различные источники света. Эффективность их характеризуется световой отдачей (отношением освещенности или светового потока к потребляемой мощности, лм/Вт). Наименьшей светоотдачей характеризуются лампы накаливания, у которых эффективность в два и более раз ниже, чем у остальных (таблица 11.4).

Таблица 11.4 – Характеристика источников света

Разновидность ламп	Маркировка	Светоотдача, лм/Вт		Срок службы, ч
		Диапазон	Обычная	
Накаливания	ЛН	8-18	12	1000
Галогенные накаливания	КГ	16-24	18	2000
Ртутно-вольфрамовые	РВЛ	20-28	22	6000
Ртутные высокого давления	ДРЛ	36-54	50	12000
Натриевые высокого давления	ДНаТ	90-120	100	12000
Металлогалогенные высокого давления	ДРИ	70-90	80	12000
Люминесцентные низкого давления	ЛБ	60-80	70	10000
Люминесцентные низкого давления с улучшенной цветопередачей	ЛБЦТ	70-95	90	10000
Компактные люминесцентные низкого давления	КЛ	60-70	67	9000
Натриевые низкого давления	ДНаО	120-180	-	12000

При замене источников света на более эффективные можно сэкономить до 71% электроэнергии (таблица 11.5).

Таблица 11.5 – Возможная экономия электроэнергии за счет использования более эффективных источников света

Заменяемые источники света	Среднее значение экономии электроэнергии, %
ЛЛ на ДРИ	23
ДРЛ на ДРИ	40
ДРЛ на ЛЛ	22
ДРЛ на НЛВД	50
ЛН на НЛВД	71

Примечание: ЛЛ – люминесцентная лампа, НЛВД – натриевая лампа высокого давления.

При использовании люминесцентных ламп и отсутствии повышенных требований к цветопередаче или цветоразличению следует применять:

- люминесцентные лампы типа ЛБ, имеющие наибольшую световую отдачу;
- рефлекторные люминесцентные лампы типа ЛБР в светильниках без отражателей для тяжелых условий среды;

- амальгамные лампы типа ЛБА при повышенной температуре в зоне эксплуатации ламп.

При выборе типов дуговых ртутных ламп нужно ориентироваться в первую очередь на лампы типа ДРИ, имеющие большую световую отдачу, чем лампы типа ДРЛ. В прожекторном и наружном освещении вместо ламп накаливания лучше использовать галогенные кварцевые лампы типа КИ и ртутные лампы типа ДРИ. При освещении больших территорий следует применять натриевые лампы высокого давления НЛВД (ДНаТ).

В РБ предусмотрен поэтапный вывод до конца 2012 года из эксплуатации светильников с низкой энергетической характеристикой (ламп накаливания).

Кроме замены источников света большое значение для энергосбережения имеют выбор способа размещения светильников, рациональное сочетание искусственного и естественного, общего и местного освещения, использование автоматических систем регулирования источников света, чистка ламп и светильников и т. п. Следует иметь в виду, что запыленные стекла окон поглощают до 30% светового потока. Регулярная очистка окон позволяет сократить продолжительность горения ламп при двухсменной работе предприятия на 15% в зимнее время и на 90% - в летнее.

11.5. Экологические характеристики производств

11.5.1 Экологическая характеристика автотранспортных предприятий

Большая часть выбросов загрязняющих веществ в атмосферу РБ, особенно Брестской области, поступает от автотранспорта, который является мобильным источником загрязнения и имеется на любом промышленном предприятии.

Вклад этого источника в уровень загрязнения окружающей среды с каждым годом возрастает и составляет более 1 млн. т в год, т.е. более 71% от всего валового выброса загрязняющих веществ в воздушный бассейн республики. На долю автотранспорта приходится около 87% выделяемого угарного газа, 68% углеводородов и более 59% оксидов азота. С мобильными источниками связаны выбросы высокотоксичного бензапирена – около 0,75 т в год. В настоящее время выбросы свинца от автотранспорта практически отсутствуют, поскольку в РБ этилированный бензин не производится и не импортируется.

Распределение механических транспортных средств по экологическим классам осуществляется в соответствии с СТБ 1848-2009 «Транспорт дорожный. Экологические классы». В Евросоюзе экологические классы механических транспортных средств известны под названием «стандарт Евро».

Экологический класс должен устанавливать производитель механического транспортного средства и указывать его в техническом паспорте. Если в технических паспортах нет информации об экологическом классе механического транспортного средства, Министерством ПриООС предложена следующая справочная информация (таблица 11.6).

Таблица 11.6 – Экологические классы транспортных средств

Страна-производитель транспортного средства	Экологические классы			
	1	2	3	4
	Год выпуска, включительно			
Страны ЕС, бензиновые двигатели	до 1996	1997-2000	2001-2004	с 2005
Страны ЕС, дизельные двигатели	до 1996	1997-2001	2002-2004	с 2005
США	до 1995	1996-2000	2001-2003	с 2004
Япония	до 1997	1998-2004	2005-2010	с 2011
Китай	до 2003	2004-2007	с 2008	-
Корея	до 2000	2001-2002	2003-2005	с 2006
Украина, категория М	до 2005	с 2006	-	-
Украина, категория N	до 2006	с 2007	-	-

Автомобильный транспорт загрязняет атмосферный воздух не только токсичными веществами отработавших газов, сажей, парами топлива, но и продуктами износа деталей, фрикционных материалов (накладки тормозов, дисков сцепления – источники асбестосодержащей пыли), дорожного покрытия и шин при их взаимном трении (покрытие зимой изнашивается на толщину до 6 мм, летом – до 2 мм, а износ шин на 1 км дороги при интенсивности движения 5 000 автомобилей в час составляет 250 кг/год). Выброс резиновой пыли при эксплуатации легковых автомобилей составляет 1,35; грузовых – 17,1; автобусов – 53,2 кг в год на одну транспортную единицу, а асбестосодержащей пыли (до 30% асбеста) от износа тормозных накладок – 0,8-1,5 кг в год на автомобиль.

Загрязнение водных ресурсов связано с мойкой транспортных средств, входящей в регламент ежедневного технического обслуживания, а также агрегатов и деталей при осуществлении ремонта (таблица 11.7).

Таблица 11.7 – Количество загрязнений, образующихся при мойке транспортных средств

Подвижной состав	Косметическая мойка		Углубленная мойка	
	Масса загрязнений, кг на одну мойку	Количество моек в году	Масса загрязнений, кг на одну мойку	Количество моек в году
Легковые автомобили	0,7	40	1,5	15
Грузовые автомобили	1,1	25	2,3	10
Автобусы	1,4	85	3,1	10

Расход воды на мойку легкового, грузового автомобилей и автобуса составляет при ручной мойке 500, 700 и 800 л/сутки соответственно, а при механической мойке нормы повышаются до 1000 и 1500 л/сутки (для грузовых ав-

томобилей и автобусов). Сточные воды после мойки содержат нефтепродукты и взвешенные вещества (до 5 т/л), поверхностно-активные вещества (до 0,1 г/л), щелочные электролиты (до 20 г/л).

По данным Московского государственного автомобильно-дорожного института (Технического университета) МАДИ-ТУ, транспортные предприятия вывозят на свалки и полигоны более 0,25 т твердых отходов, сбрасывают 0,1 т сточных вод в водоемы в среднем на единицу подвижного состава.

Кроме этого, на территории автотранспортных предприятий складироваться такие отходы, как утильные покрышки и аккумуляторы. Масса утильных шин составляет для легковых – 9,85; грузовых – 124,9, автобусов – 390,4 кг на одно транспортное средство в год. По республиканским нормативам образования отходов, утвержденным постановлением Министерства ПРиООС РБ от 22.11.2007 № 89, износ шин и автомобильных камер составляет для легковых, грузовых автомобилей и автобусов соответственно 3,7; 19,1 и 17,3 кг на 10 тыс. км пробега.

Показатели образования отработанных моторных масел автотранспортом на 100 л израсходованного топлива составляют: для легковых автомобилей – 0,56 л, грузовых – 0,71-0,77, автобусов – 0,73-0,85 л соответственно. Отходы трансмиссионных масел находятся в пределах 0,02-0,06 л на 100 л израсходованного топлива.

Автомобильный транспорт является также источником шумового и вибрационного загрязнения окружающей среды. Уровень шума грузового автомобиля составляет 85-96, легкового – 82-88, автобуса – 80-95 и мотоцикла – 86-108 дБА.

Газовые выбросы автомобилей опасны тем, что они в больших количествах выбрасываются повсеместно – на улицах, дорогах, в жилой зоне, причем непосредственно в зону дыхания людей, где их рассеяние затруднено. Количество выбросов загрязняющих веществ в атмосферу зависит от численности и структуры автомобильного парка, технического состояния автомобилей и, прежде всего, их двигателей. Только из-за отсутствия необходимой регулировки карбюраторного двигателя выброс угарного газа может возрастать в 4-5 раз.

Количество и состав отработавших газов автомашин зависят от режима работы двигателей в городских условиях. Низкая скорость движения и частые ее изменения, многократные торможения и разгоны способствуют повышенному выделению загрязняющих веществ.

Для расчета выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух на основании европейского опыта в РБ разработаны и утверждены Правила с соответствующим программным обеспечением ТКП 17.08-03-2006 «Охрана окружающей среды и природопользование. Атмосфера. Выбросы загрязняющих веществ и парниковых газов в атмосферный воздух. Правила расчета выбросов механическими транспортными средствами в населенных пунктах».

Для снижения уровня воздействия автотранспорта на окружающую среду разработаны следующие мероприятия:

- нормирование экологических параметров транспортных средств (токсичности отработавших газов, предельных уровней шума и вибрации, электромагнитного излучения, микроклимата в кабинах автотранспортных средств и др.);
- совершенствование двигателей внутреннего сгорания;
- повышение качества автомобильных топлив;
- использование эффективных нейтрализаторов загрязняющих веществ в выхлопных газах автомашин;
- перевод автотранспорта на более чистые виды топлива (сжиженный газ, водород, спирты и др.);
- использование для движения транспорта электрической, солнечной, ветровой энергии;
- рациональная организация автомобильного движения в городах с использованием автоматизированной системы управления городским транспортом;
- использование методов защитного и эколого-ландшафтного озеленения и благоустройства придорожных полос и многое другое.

Наиболее эффективным приемом стимулирования работ по снижению выбросов загрязняющих веществ автотранспортом является нормирование токсичности отработавших газов. Комплекс действующих стандартов в этой области определяет два вида испытаний – эксплуатационные и сертификационные. Для оценки экологических показателей автотранспортных средств полной массой до 3,5 т применяются 5 типов испытаний на специальных стендах, в результате которых проверяется соответствие нормативным требованиям:

- уровня содержания в выхлопных газах CO , C_xH_y , NO_x , твердых частиц после запуска холодного двигателя при имитации движения автомобиля;
- концентрации CO в режиме холостого хода;
- выбросов картерных газов;
- выбросов в результате испарения топлива из системы питания;
- долговечности устройств, предназначенных для предотвращения загрязнения воздуха.

Нормы выбросов для легковых и грузовых автомобилей с дизельными и бензиновыми двигателями существенно различаются (таблицы 11.8, 11.9).

Таблица 11.8 – Нормы выбросов для легковых автомобилей массой до 1250 кг

Ступень	Год введения	Выброс загрязнений, г/км			
		Твердые частицы	NO_x	C_xH_y	CO
EURO 1*	1993	-/0,140	0,97/0,97**	-	2,72/2,72
EURO 2	1996	-/0,080	0,5/0,67**	-	2,20/1,00
EURO 3	2000	-/0,050	0,14/0,50	0,17/0,06	1,50/0,60
EURO 4	2005	-/0,025	0,07/0,25	0,08/0,05	0,70/0,47

Примечание: * Принята в России с 1999 г.; ** $C_xH_y + NO_x$; числитель/знаменатель – бензиновые/дизельные.

Таблица 11.9 – Нормы выбросов дизельных грузовых автомобилей и автобусов

Степень	Год введения	Выброс загрязнений, г/кВт·ч			
		Твердые частицы	NO _x	C _x H _y	CO
EURO 1*	1993	0,36	8,0	1,1	4,5
EURO 2	1996	0,15	7,0	1,1	4,0
EURO 3	2000	0,10	5,0	0,66**	2,1
EURO 4	2005	0,02	3,5	0,46**	1,5
EURO 5	2008	0,02	2,0	0,25**	1,5

Примечание: * Приняты в России с 1999 г.; **неметановые углеводороды.

Автомобильный транспорт является также источником шумового и вибрационного загрязнений окружающей среды. Уровни внешнего и внутреннего шума для всех видов транспорта в настоящее время не должны превышать 80 дБА.

Нормативным требованиям должен соответствовать и микроклимат в кабине и салоне автотранспортного средства. Конструкция системы кондиционирования должна исключать возможность охлаждения воздуха в зоне головы водителя и пассажиров более чем на 8°С относительно температуры окружающей среды. Скорость воздушного потока на выходе из системы кондиционирования не должна превышать 12 м/с, а температура воздуха должна быть не ниже 0°С. Относительная влажность в кабине (пассажируском салоне) должна быть в пределах 30-60%. Содержание загрязняющих веществ в воздухе салона автотранспортного средства не должна превышать значений ПДК.

Существенного снижения выбросов загрязняющих веществ автотранспортом можно достичь использованием альтернативных видов топлива (таблица 11.10).

Таблица 11.10 – Выбросы загрязняющих веществ автомобилем ГАЗ-2410 при работе на разных видах топлива (г/км, данные НАМИ)

Вид топлива	CO	C _x H _y	NO _x	CO ₂
Бензин АИ-93	10,30	2,17	2,25	2,10
Сжиженный нефтяной газ	4,70	1,19	2,15	2,00
Сжиженный природный газ	2,10	1,11	2,10	1,90
Бензин + водород	0,74	0,69	1,11	0,42
Водород	0,00	0,00	0,62	0,00
Метанол	6,92	1,14	1,09	0,35
Метанол + Синтез-газ	1,24	0,62	0,89	0,26
Синтез-газ	0,00	0,10	0,57	0,19

Перспективным заменителем традиционного топлива для автотранспорта является водород. При его сжигании в двигателях внутреннего сгорания (ДВС) выбрасывается водяной пар, отсутствуют загрязняющие вещества и запахи, т. е. по существу такие двигатели являются экологически чистыми. Жидкий водород почти в десять раз легче бензина. Водородный двигатель в ряде случаев может быть примерно на 50% эффективнее бензинового, поскольку работает на обедненной смеси, имеет высокую степень сжатия, очень небольшое опережение зажигания и полное сгорание топлива.

На одном из международных конкурсов был продемонстрирован автомобиль «Фольксваген», работающий на водородно-кислородной смеси. Его выхлопные газы были чище городского воздуха, засасываемого в карбюратор двигателя.

Большую роль в энергосбережении и снижении выбросов загрязняющих веществ в атмосферу сыграет перевод автотранспорта на так называемое биотопливо – этанол, метанол, биодизель, которые получают из растительного сырья. Уже сейчас на многих заправочных станциях Германии биодизель продается наряду с обычным бензином. В Бразилии уже давно используют в качестве топлива этанол, получаемый из сахарного тростника и кукурузы. В Европе уже большую часть производимого этанола используют в качестве добавки к дизтопливу и только 15% – для получения алкогольной продукции. В Малайзии планируется в ближайшие годы построить 52 завода по производству биодизеля из пальмового масла. Согласно резолюции ООН к 2020 г. на биодизеле будут работать 23% автомобильного парка планеты.

В настоящее время Минский моторный завод рассматривает возможность создания дизельных двигателей, работающих на топливе с 30% содержанием метилэфира из рапсового масла, который производится на ОАО «Гродно-Азот».

Интенсивно проводятся работы по совершенствованию наиболее важных узлов транспортных устройств, например, электронной системы управления временем открытия и высотой подъема клапанов, бескулачкового привода клапана, шестискоростной трансмиссии с бесступенчатым непрерывным вариатором, насосов с ручным управлением и усилителем, применению новых легких материалов и т. п. Такие усовершенствования позволяют существенно снизить расход топлива автотранспортных средств.

Определенный интерес с точки зрения энергосбережения представляют собой гибридные транспортные средства с гидроприводом, которые позволяют аккумулировать энергию. В них трансмиссия с зубчатым приводом заменяется гидравлическим насосом или двигателем, который служит для аккумуляции и компенсации энергии за счет переноса жидкости между гидравлическими аккумуляторами.

11.5.2. Экологические проблемы предприятий энергетики

Предприятия энергетики оказывают значительное воздействие на окружающую среду. Наибольшую опасность представляют *тепловые электростанции (ТЭС) и котельные установки*. При сжигании углеродсодержащего топлива (угля, нефти, газа и др.) неизбежно химическое загрязнение окружающей среды. Наибольшее количество выбросов загрязняющих веществ в окружающую среду характерно для ТЭС и котельных установок, работающих на твердом топливе, особенно бурых углях (таблица 11.11). На производство 1 кВт·ч электроэнергии расходуется 300-400 г угля, т. е. крупная ТЭС расходует его миллионами тонн в год.

Таблица 11.11 – Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу при сжигании различных видов топлива на ТЭС

Загрязнители, г/(кВт·ч)	Виды топлива			
	Каменный уголь	Бурый уголь	Мазут	Природный газ
Диоксид серы	6,0	7,7	7,4	0,02
Твердые частицы	1,4	2,4	0,7	0
Оксиды азота	21,0	3,45	2,45	1,9

Газопылевые выбросы ТЭС и котельных установок загрязняют атмосферу углекислым газом, золой, оксидами азота, углерода и серы, тяжелыми металлами, бензапиреном и другими вредными веществами. Известно, что уголь обладает небольшой природной радиоактивностью. Так как на ТЭС сжигаются огромные объемы топлива, то ее суммарные радиоактивные выбросы получаются выше, чем у АЭС. Наибольшей радиоактивностью характеризуются угли Кузбасса, Донбасса и Экибастуза. При сжигании таких углей на ТЭС в выбросах возрастает содержание радия-226 и свинца-210, причем свинец в основном накапливается в золе. После сжигания угля концентрация свинца в золе увеличивается в 5-10 раз, а радия – в 3-6 раз.

При сжигании мазута в атмосферный воздух выбрасываются диоксид и оксид углерода, сернистый газ, оксиды азота, сажа, углеводороды, твердые частицы, в состав которых входят оксиды различных химических элементов (таблица 11.12).

Таблица 11.12 – Состав золы, образующейся при сжигании мазута на ТЭС

Наименование вещества	Содержание, %	Класс опасности
V_2O_5	30-36	I
NiO	8-10	I
MoO_2	1	II
PbO_2	0,5	I
Cr_2O_3	0,5-1	I
ZnO	0,5-2,5	II
Al_2O_3	10	IV
Fe_2O_3	3-10	IV
MgO	1-3	III
SiO_2	10	IV

Для рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере на ТЭС строятся высокой стоимости трубы высотой 200-300 м. Поэтому зона влияния выбросов ТЭС на окружающую среду увеличивается и ощущается на больших расстояниях (до 50 км от источника выбросов).

В электроэнергетике на долю углекислого газа приходится около 99,7% от всей массы выброса парниковых газов. Коэффициенты эмиссии при сжигании 1 т у. т. составляют: для природного газа – 1,62 т, мазута – 2,28 и угля – 2,76 т CO_2 . Выбросы ТЭС вносят существенный вклад в глобальные и локальные последствия загрязнения атмосферы (парниковый эффект, кислотные дожди, озоновые дыры).

Размеры промышленных площадок ТЭС достигают 3-4 км². На этой территории полностью изменяются рельеф местности, характеристики и распределение воздушных течений и поверхностного стока, нарушается почвенный слой, растительный покров, режим грунтовых вод.

Выброс больших количеств теплоты и влаги из градирен вызывает снижение солнечной освещенности, приводит к образованию низкой облачности и туманов, морозящих дождей, инея, гололеда, обледенения дорог и конструкций. В теплый период года в результате испарения с земли конденсата возможно засоление почв.

В технологическом цикле электростанций более 95% воды, необходимой для охлаждения турбин, нагревается на 8-12°C и сбрасывается в водоемы. Крупные ТЭС сбрасывают в водоемы подогретую воду с расходом 250-300 тыс. м³/ч. Для охлаждения турбин угольных ТЭС тратится до 60% энергии, содержащейся в топливе. Необходимость создания водохранилищ-охладителей для мощных электростанций с поверхностью зеркала 20-30 км² приводит к перераспределению стока, изменению режима паводков, разливов, запасов грунтовых вод, условий рыбоводства, существенно изменяет условия существования экосистем.

Сточные воды и ливневые стоки с территории ТЭС загрязняются отходами технологических циклов энергоустановок (нефтепродукты, шлаки, обмылочные воды). Их сброс в водоемы может привести к гибели водных организмов, снизить способность водоема к самоочищению.

Отрицательное влияние на природные условия оказывают золоотвалы – земля исключается из сельскохозяйственного оборота, происходит загрязнение грунтовых и поверхностных вод, атмосферы, нарушается функционирование природных экосистем.

Многие десятилетия считалось, что *гидроэлектростанции* (ГЭС) на первый взгляд являются экологически чистыми предприятиями, не наносящими вреда природе. В мире построено и действует много крупных и малых ГЭС, в том числе, как в РБ, на равнинной местности. Однако в настоящее время установлено, что этим строительством нанесен большой урон и окружающей среде, и людям.

Во-первых, воздействие ГЭС на окружающую среду связано с необходимостью затопления значительных площадей земель сельскохозяйственного и лесохозяйственного назначения и с переселением людей в другие места.

Во-вторых, перегораживая реку, плотина создает непреодолимые препятствия на путях миграций проходных и полупроходных рыб, поднимающихся на нерест в верховья рек. Создание плотин на реке изменяет кормовую базу и условия воспроизводства, приводит к гибели рыбы в водозаборах. При этом сокращаются запасы ценных промысловых рыб, а в некоторых случаях и исчезают популяции тех или иных видов. Для предотвращения этих нежелательных последствий в проектах ГЭС необходимо предусматривать специальные мероприятия, в том числе и строительство рыбопропускных и рыбозащитных сооружений.

В-третьих, вода в мелководных водохранилищах интенсивно прогревается солнцем, создавая условия для роста сине-зеленых водорослей, которые гниют, заражая воду и атмосферу. Вода в хранилищах застаивается, ее проточность замедляется, что сказывается на жизни всех живых существ, обитающих в реке и у реки.

В-четвертых, местное повышение уровня воды оказывает влияние на грунтовые воды, приводит к подтоплению, заболачиванию, к эрозии берегов и оползням.

Кроме того, крупные водохранилища ГЭС могут изменять микроклимат прилегающих территорий. При этом снижаются летние максимумы температуры на 2-3°C и повышаются зимние минимумы на 1-2°C, повышается влажность воздуха. Этот список отрицательных последствий строительства ГЭС на равнинных реках можно продолжить.

Крупные высотные плотины на горных реках также представляют собой источники опасности, особенно в районах с высокой сейсмичностью. В мировой практике известно несколько случаев, когда прорыв таких плотин привел к огромным разрушениям и гибели сотен и тысяч людей.

С экологической точки зрения АЭС являются наиболее чистыми среди других ныне действующих энергетических комплексов. Возможности *ядерной энергетики* впечатляющи: по энергетической ценности 1 000 т угля или 530 т мазута эквивалентны 0,33 кг урана на атомных электростанциях (АЭС) и 45 г дейтерия на термоядерных реакторах.

Опасность радиоактивных отходов полностью осознается специалистами, поэтому и конструкция, и эксплуатационные нормы атомных электростанций предусматривают надежную изоляцию от окружающей среды, по крайней мере, 99,999% всех получающихся радиоактивных отходов.

В процессе эксплуатации АЭС образуются газообразные, жидкие и твердые радиоактивные отходы. В газоздушных выбросах АЭС содержится небольшое количество трития, радиоактивных изотопов ксенона, криптона, йода, осколки деления ядер, продукты активации. Объем твердых отходов ежегодно достигает 2000-3000 м³. Основным видом твердых отходов является отработанное ядерное топливо (ОЯТ). Коэффициент использования ядерного топлива составляет менее 3-5% вследствие необходимости ежегодной замены около трети тепловыделяющих элементов новыми. Остальная его часть поступает в отходы. В жидких и твердых отходах содержатся, как правило, долгоживущие радионуклиды с большим периодом полураспада, представляющие собой опасность для всей биоты. ОЯТ необходимо хранить в специальных хранилищах, которые требуют особого технического обслуживания.

АЭС оказывают сильное тепловое воздействие на окружающую среду, особенно на естественные водоемы. Сброс теплоты от АЭС в 1,5-1,8 раза больше, чем от ТЭС, что объясняется разницей в значениях КПД, равной 30-40%. Расход воды на охлаждение мощной АЭС достигает 180 м³/с, причем температура охлаждающей воды, поступающей в водоемы, составляет 40-45°С. Такие тепловые сбросы могут приводить к изменению теплового режима рек и озер и, как следствие, к гибели отдельных водных организмов.

Продолжительность эксплуатации (расчетный срок службы) АЭС составляет около 60 лет, после этого должен быть произведен демонтаж оборудования, зданий, сооружений, рекультивирована промышленная площадка. Расчеты показывают, что на эти работы необходимо затратить средства, соизмеримые со стоимостью строительства самой АЭС.

Руководством РБ принято решение о строительстве на территории Гродненской области Островецкой АЭС с двумя энергоблоками суммарной электрической мощностью 2400 МВт. Строительство ее должно осуществиться за 7-9 лет, а стоимость составит около 9 млрд. долларов. Предполагается запустить в эксплуатацию первый реактор в 2017 г., а второй – к 2018 г. С вводом в эксплуатацию Островецкой АЭС государство сэкономит более 5 млрд. м³ природного газа в год.

В таблице 11.13 приведены интегральные экологические показатели работы различных типов электростанций.

Таблица 11.13 – Экологические показатели работы различных типов электростанций

Тип электростанции	Объем вредных выбросов в атмосферу, м ³ /МВт·ч	Потребление свежей воды, м ³ /МВт·ч	Сброс загрязненных сточных вод, м ³ /МВт·ч	Объем твердых отходов, кг/МВт·ч	Изъятие земель, га/МВт·ч	Затраты на охрану окружающей среды, % от общих затрат
СЭС (солнечная)	-	-	0,02	-	2-3	-
ВЭС (ветровая)	-	-	0,01	-	1-10	до 1
ГЕОТЭС (геотермальная)	менее 1	-	-	-	0,2	до 1
Энергия биомассы	2-10	20	0,2	0,2	0,2-0,3	-
Угольная ТЭС	20-35	40-60	0,5	200-500	1,5	30
Газомазутная ТЭС	2-15	2-5	0,2	0,2	0,5-0,8	10
ГЭС	-	-	-	-	100	2
АЭС	-	70-90	до 0,5	0,2	2,0	50



Тема 12. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

12.1. Требования экологической безопасности к размещению хозяйственных объектов

В соответствии с действующим в Республике Беларусь законодательством *общими требованиями в области охраны окружающей среды при размещении, проектировании, строительстве, реконструкции, вводе в эксплуатацию, эксплуатации, консервации, демонтаже и сносе зданий, сооружений и иных объектов* для юридических лиц и индивидуальных предпринимателей являются:

- сохранение, восстановление и (или) оздоровление окружающей среды;
- снижение (предотвращение) вредного воздействия хозяйственной или иной деятельности на окружающую среду;
- применение малоотходных, энерго- и ресурсосберегающих технологий;
- рациональное использование природных ресурсов;
- предотвращение аварийных и чрезвычайных ситуаций;
- резервирование материальных, финансовых и иных средств на компенсацию возможного вреда окружающей среде;
- финансовые гарантии выполнения планируемых мероприятий по охране окружающей среды.

Проектирование объекта хозяйственной или иной деятельности осуществляется с учетом:

- наилучших доступных технологических методов;
- мероприятий и технических решений, направленных на охрану окружающей среды;
- действующих технологических нормативов;
- действующих нормативов допустимой антропогенной нагрузки на окружающую среду;
- мероприятий по предупреждению и устранению загрязнения окружающей среды, предусмотренных государственной, отраслевой или местной программой по охране окружающей среды, утвержденных Заказчиком.

Одним из основных элементов предпроектной подготовки является выбор площадки под будущий объект и обоснование допустимости его нахождения на этой площадке с точки зрения экологической безопасности. При выборе площадки размещения объекта хозяйственной и иной деятельности основным должен являться не административный, а территориальный подход с учетом существующих природных и социально-экономических условий, с последующей оценкой воздействия на них будущего объекта проектирования.

Порядок выделения площадки размещения объекта определяется действующими методическими указаниями о составе и основных требованиях по обоснованию размещения объектов хозяйственной деятельности в РБ, утвержденными решением коллегии Госкомитета РБ по экологии 31.03.1993 г. №3/7 и согласованных письмом Госстроя РБ 16.03.1993 г. №02-01-5/258.

Процедура выделения площадки под размещение объекта хозяйственной деятельности начинается с того, что заказчик (или, по его поручению, проектная организация) заблаговременно подает в Министерство ПриООС или его территориальный орган по месту административной принадлежности заявляемого участка заявку утвержденной формы о намерениях по размещению объекта, в которой дается полное технико-экономическое обоснование необходимости и возможности размещения планируемого объекта именно в запрашиваемом месте, а также оценивается степень его экологической опасности.

Одновременно заказчик (или, по его поручению, проектная организация) готовит обоснование по размещению данного объекта на вариантной основе с получением необходимых *технических условий*:

1. Район размещения объекта

1.1. Данные о местоположении и площадях, изымаемых во временное и постоянное использование земель.

1.2. Сведения об окружающей природной среде и социально-экономических особенностях.

1.2.1. Зонально-региональные особенности территории, ее ландшафтная характеристика.

1.2.2. Данные о состоянии природной среды, антропогенной нагруженности ее компонентов, особых условиях возможного строительства (подтопляемые территории, специфическая загрязненность территории, другие природные явления и процессы).

1.2.3. Характеристика природной, культурно-исторической ценности территории, наличие особо охраняемых объектов.

1.2.4. Социально-экономические и демографические особенности территории.

1.2.5. Хозяйственное использование территории.

2. Возможные воздействия намечаемой деятельности на окружающую среду

2.1. Характеристика намечаемой деятельности – потребность в ресурсах (трудовых, материальных, биологических, земельных, водных) в процессе строительства и эксплуатации объекта; транспортное обеспечение; данные о возможности присоединения объекта к существующим инженерным сетям и коммуникациям; технический уровень объекта.

2.2. Компонентно-качественная характеристика воздействия объекта при стандартном и аварийном режимах эксплуатации (источники, виды, степень и зона воздействия, в т.ч. вид, состав и объем загрязняющих веществ, которые могут выбрасываться в воздух, воду, почву; отходы, в т.ч. строительные отходы – вид, объем, класс токсичности).

3. Предварительная оценка изменения окружающей природной среды в результате реализации намечаемой деятельности

3.1. Возможные изменения окружающей природной среды при реализации намечаемой деятельности (стандартный и аварийный режим эксплуатации), их последствия для здоровья населения.

3.2. Намечаемые природоохранные мероприятия, направленные на сохранение, оздоровление и улучшение качества окружающей природной среды.

4. Обоснование места размещения объекта, выбор варианта с соблюдением социально-экономических и экологических интересов населения

4.1. Определение устойчивости природной среды к возможному воздействию.

4.2. Оценка ущерба, который может быть нанесен окружающей природной среде в результате строительства и эксплуатации объекта.

5. Рекомендации для разработки проектной документации

5.1. Состав дополнительных наблюдений за состоянием компонентов окружающей среды при отсутствии или недостаточности исходных данных.

5.2. Предложения по организации проведения дополнительных исследований по определению последствий воздействия намечаемого к реализации объекта.

Все данные, собранные в материалах по обоснованию места размещения объекта, должны быть подтверждены соответствующими документами и расчётами.

После изучения всех вышеперечисленных материалов территориальный орган Министерства ПриООС дает предварительное заключение на стадии размещения объекта с определением конкретной площадки строительства.

Охрана земельных и лесных угодий. При выборе площадки под размещение объекта, прежде всего, необходимо рассматривать земли несельскохозяйственного назначения и занятые малоценными лесными насаждениями.

Основным принципом охраны земельных и лесных угодий является максимальное сохранение земельных угодий, лесов первой категории, мест произрастания редких и исчезающих видов растений и животных, включенных в Красную книгу РБ; предотвращение эрозионных процессов, заболачивания и засоления земель, загрязнения почв, водоемов, лесов и воздушного бассейна.

Размещение любого объекта должно осуществляться с минимальным использованием земель постоянного пользования и переданных во временное пользование. Для этого следует учитывать возможность организации общих сетей водоснабжения и водоотведения, электроснабжения, устройства дорог и т.п.

При размещении объектов следует максимально сохранять существующие зеленые насаждения, соблюдать установленные нормы озелененности территории.

Охрана атмосферного воздуха. При размещении объектов необходимо руководствоваться Законом РБ «Об охране атмосферного воздуха», действующими НПА и ТНПА в области охраны атмосферного воздуха, санитарно-гигиеническими требованиями.

При строительстве и эксплуатации объекта должно быть обеспечено:

- снижение (предотвращение) уровней химического, физического, биологического, иных воздействий на атмосферный воздух, могущих причинять вред здоровью человека;

- рациональное использование атмосферного воздуха для производственных нужд;

- соблюдение нормативов качества атмосферного воздуха, а также вредных физических и иных воздействий. Запрещается размещение объектов, которые могут при эксплуатации привести к превышению нормативов предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и нормативов предельно допустимых уровней (ПДУ) вредных физических (шум, вибрация, электромагнитное и другое излучение) и иных воздействий.

С целью охраны атмосферного воздуха и минимизации негативных последствий его загрязнения при определении места размещения объекта или его реконструкции устанавливается базовая санитарно-защитная зона по совокупности факторов загрязнения, которая впоследствии в проекте подтверждается соответствующими расчетами.

Содержание загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и вредные физические и иные воздействия на границе санитарно-защитной зоны не должны превышать действующие в республике нормативы ПДК и уровней физического и иного воздействия с учетом фоновых загрязнений.

Запрещается размещение объектов, деятельность которых не соответствует действующим требованиям по охране атмосферного воздуха от химического, физического и иного загрязнения.

Запрещается внедрение технологических процессов с выбросами вредных веществ, по которым отсутствуют нормативы ПДК в атмосферном воздухе, утвержденные Министерством здравоохранения РБ.

Запрещается использовать технологии, оборудование, вещества и материалы, предусматривающие обращение с озоноразрушающими веществами, включенными в Перечень озоноразрушающих веществ, ограниченных или запрещенных для потребления в РБ.

Охрана и рациональное использование водных ресурсов. Водоснабжение и водоотведение объекта необходимо решать с учетом максимальной охраны и комплексного использования водных ресурсов, кооперирования потребителей, возможности перспективного развития, а также на основе утвержденных схем развития района предполагаемого размещения, бассейновых и территориальных схем комплексного использования и охраны вод, генеральных планов населенных пунктов, промышленных узлов.

При решении вопросов водоснабжения объекта следует предусматривать создание оборотных систем производственного водоснабжения, повторного использования отработанных вод на технологические нужды, внедрение безводных или маловодных технологий с целью максимального снижения потребления свежей воды на производственные нужды.

На производственные нужды следует преимущественно забор воды из поверхностных водоемов с последующей ее подготовкой. Использование подземных вод может быть разрешено в исключительных случаях

только для предприятий или технологических процессов, где к качеству воды предъявляются особые требования.

В случае размещения объекта в районе, где отсутствуют в необходимом количестве поверхностные воды, а альтернативной площадки размещения по тем или иным объективным причинам не может быть найдено, использование подземных вод питьевого качества может быть разрешено исключительно Министерством ПриООС.

В каждом конкретном случае разрабатываются соответствующие схемы и методы очистки, доочистки, обработки осадков сточных вод. При размещении любого объекта необходимо стремиться к максимальному сокращению образования сточных вод, предусматривать систему локальных очистных сооружений с целью сокращения площадей под строительство очистных сооружений и шламонакопителей. Также следует внедрять технологии по переработке осадков сточных вод или мероприятия по их передаче другим природопользователям в качестве сырья и материалов.

При выборе площадки под размещение объекта в обосновании необходимо предусматривать организованный отвод ливневых вод и их очистку с последующим использованием на технологические и технические нужды.

В водоохраных зонах и прибрежных полосах запрещается размещение большей части объектов хозяйственной деятельности. В случае крайней необходимости площадку под размещение объекта в водоохранной зоне или прибрежной полосе имеет право выделить исключительно Министерство ПриООС.

Защита окружающей среды от вредного влияния промышленных и бытовых отходов. Специальные требования предъявляются к площадкам для размещения (захоронения) твердых коммунальных отходов (ТКО), полигонов для захоронения токсичных промышленных отходов, накопителей промышленных отходов.

Под полигоны для захоронения ТКО следует выбирать участки с учетом климатических, географических, геологических, гидрологических и почвенных особенностей территории. Наилучшими по гидрологическим условиям являются участки, подстилаемые глинами или тяжелыми суглинками, с уровнем подземных вод на глубине более 2 м. При соблюдении всех требований экологической и санитарно-гигиенической безопасности возможно размещение полигонов ТКО в непосредственной близости от населенного пункта, но вне его территории.

Под полигоны захоронения токсичных промышленных отходов выбираются участки обособленных, свободных от застройки, хорошо проветриваемых территорий, не затопляемых ливневыми, талыми и паводковыми водами. Эти участки должны позволять осуществление инженерных решений, исключающих загрязнение населенных пунктов, зон массового отдыха, источников питье-

евого и хозяйственного водоснабжения, открытых водоемов и подземных вод. Располагать такой полигон разрешается только с подветренной стороны от населенных пунктов с учетом ветров преобладающего направления, ниже мест водозаборов хозяйственно-питьевого водоснабжения, по течению рек, ниже зимовальных ям, мест массового нереста и нагула рыб, за пределами зон водозаборной площади открытых водоемов.

Разрешается выделять под места размещения полигонов захоронения токсичных промышленных отходов участки, где подземные воды залегают на глубине более 20 м и перекрыты слабопроницаемыми породами с коэффициентом фильтрации не более 10^{-6} в сутки. Уклон территории полигона в сторону населенных мест, промышленных зон, сельскохозяйственных угодий и водотоков не должен превышать 1,5%.

Запрещается размещать полигоны захоронения токсичных промышленных отходов в долинах рек, балках, на участках с просадочными и вспучивающими грунтами, в местах развития карстовых процессов; на резервных территориях жилищного строительства, расширения промышленных предприятий; в заболоченных местах; в зоне питания подземных источников питьевой воды; в зонах санитарной охраны курортов и мест массового отдыха; на территориях зеленых зон населенных пунктов; на землях, занятых и или предназначенных под занятие лесами, лесопарками и другими зелеными насаждениями, выполняющими защитные, санитарно-гигиенические функции и являющимися местом отдыха населения; на загрязненных радиоактивными и органическими отходами участках.

В зависимости от вида отходов к накопителям промышленных отходов относят шламо- и хвостохранилища, накопители производственных сточных вод, пруды-отстойники, накопители-испарители. Различают бессточные накопители промышленных отходов и накопители-регуляторы сточных вод.

Размещение накопителей любого типа не допускается на площадях месторождений пресных подземных вод, в зонах разгрузки подземных вод в поверхностные водотоки и водоемы. Уровень грунтовых вод не может быть менее 2 м, подстилающие породы должны обладать слабой фильтрацией.

Особые требования предъявляются к выбору земельных участков под животноводческие фермы и птицеводческие фабрики (хозяйства). Это связано с крайней агрессивностью навоза, навозной жижи, помета птиц. Кроме экологической, эти отходы характеризуются высокой степенью биологической опасности, являясь средой и резервуаром развития многих патогенных микроорганизмов и грибов.

12.2. Требования экологической безопасности при проектировании хозяйственных объектов

Общим требованием при проектировании объектов с точки зрения охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности объекта является, прежде всего, наличие разрешительной документации на проектирование, а именно:

- решения местного исполнительного органа власти на проектно-исследовательские работы;
- архитектурно-планировочного задания на проектирование;
- утвержденного в установленном порядке акта выбора места размещения земельного участка;
- заключения согласующих организаций (ТУ территориальных органов «Водоканал» – на водопотребление и водоотведение; ТУ на проектирование территориальных органов ПКУП «Зеленстрой»; санитарное задание территориальных органов Министерства здравоохранения РБ; письмо и заключение территориальных органов МЧС и прочие).

При разработке проектов строительства, реконструкции, консервации и ликвидации зданий, сооружений и иных объектов должны учитываться нормативы допустимой антропогенной нагрузки на окружающую среду, предусматриваться мероприятия по предупреждению и устранению загрязнения окружающей среды, способы обращения с отходами, использоваться ресурсосберегающие технологии, способствующие восстановлению природной среды, рациональному использованию и воспроизводству природных ресурсов.

Не допускается снижение стоимости либо исключение из проектных работ и утвержденного проекта планируемых мероприятий по охране окружающей среды при проектировании строительства, реконструкции объектов.

Проект строительства, реконструкции, консервации, демонтажа или сноса зданий, сооружений и иных объектов подлежит экологической экспертизе в органах Главстройэкспертизы или государственной экологической экспертизе в Министерстве ПриООС .

Проект строительства, реконструкции, консервации, демонтажа или сноса зданий, сооружений и иных объектов, не получивший положительного заключения вышеназванных органов, не подлежит утверждению, и работы по его реализации не финансируются вне зависимости от формы собственности объекта.

Проектирование населенных пунктов должно, прежде всего, учитывать требования в области охраны окружающей среды, санитарно-гигиенические требования, обеспечивающие благоприятную для жизни и здоровья граждан окружающую среду. При планировании и застройке населенных пунктов необходимо предусматривать мероприятия по сохранению и улучшению качества окружающей среды, принимать технические и архитектурно-планировочные

меры по минимизации негативного воздействия селитебной территории на среду обитания в части защиты атмосферного воздуха, водных объектов, земель (включая почвы), сложившихся ландшафтов, зеленых насаждений.

Организация населенных пунктов и территорий должна осуществляться в соответствии с архитектурными и градостроительными проектами, в которых предусматриваются все меры по максимальному сохранению и улучшению качества окружающей среды, к которым относятся архитектурно-планировочные решения, благоустройство населенных пунктов и территорий, их озеленение.

В качестве примера реализации экологических требований при проектировании объектов можно привести следующие мероприятия и технологии:

1. Архитектурные решения

1.1. Применение современных тепло- и пароизолирующих материалов для уменьшения теплоотдачи через ограждающие конструкции зданий, сооружений, коммуникаций;

1.2. Использование затеняющих конструкций;

1.3. Оптимизация обзорных видов с использованием энергосберегающих стекол и конструкций;

1.4. Оптимизация формы здания.

2. Использование возобновляемых источников энергии, а именно:

2.1. Фотоэлектрических источников питания и преобразователей;

2.2. Солнечных, тепловых-солнечных энергоустановок нового поколения, включенных в общую схему теплоснабжения зданий и сооружений с системой автоматического переключения режимов работ и замещением не менее 10-30% нагрузки горячего водоснабжения;

2.3. Ветроэнергетических энергоустановок и биомассы – применение ветрогенераторов; применение установок получения и использования биогаза из органических отходов производства и потребления, в т.ч. на очистных сооружениях;

2.4. Вовлечение в энергетический баланс вторичных энергетических ресурсов – рекуперация тепла вытяжного воздуха в системах вентиляции зданий и сооружений; рекуперация тепла канализационных стоков; использование избыточного давления природного газа на магистральных газовых сетях; использование гидротурбин на канализационных стоках, иных водотоках с большим перепадом высот;

2.5. Использование технологий «пассивного» энергосбережения.

3. Освещение:

3.1. Использование современных технологий в системах освещения и его регулирования – применение энергосберегающих приборов освещения; оборудование внутренних помещений и прилегающих к зданиям (сооружениям) территории динамическими системами освещения; отказ от использования ламп накаливания и люминесцентных ламп с частотой мерцания 50Гц; отказ от использования люминесцентных ламп;

3.2. Максимальное использование естественного освещения путем организации системы «второй свет»;

3.3. Увеличение процента освещенности за счет увеличения инсоляции зданий и сооружений.

4. Водоснабжение, теплоснабжение и канализация:

4.1. Учет и экономия воды – оснащение источников водоснабжения и водоотведения приборами учета расхода воды; применение автоматических систем экономии воды; применение сантехнических приборов с системой «двойного смыва»; внедрение систем локальной очистки хозяйственно-бытовых стоков, не требующих специальной очистки производственных стоков для создания резервуаров и систем полива территории, орошения пылящих материалов, иных нужд; применение водооборотных систем;

4.2. Использование локальных очистных сооружений – получение технической условно чистой воды; применение естественных методов очистки и доочистки производственных и хозяйственно-бытовых сточных вод;

4.3. Сбор, подготовка с внедрением локальных систем очистки и использование ливневых и талых вод для последующего использования в ландшафтном орошении, орошение пылящих материалов, подъездных путей и пр.;

4.4. Учет и регулирование использования тепловой энергии – применение автоматизированных погодозависимых индивидуальных тепловых пунктов (ИТП) с количественно-качественным регулированием; применение эффективного отопительно-вентиляционного оборудования двойного назначения;

4.5. Применение поквартирной горизонтальной разводки системы отопления.

5. Шумозащитные мероприятия

5.1. Снижение внешнего шума объектов архитектурно-планировочными методами – возведение шумоизоляционных экранов; эффективное использование рельефа местности как естественного экрана;

5.2. Использование наиболее эффективных шумозащитных строительно-акустических мероприятий для снижения шума от инженерных систем и технологического оборудования.

В настоящее время существует множество высокоэффективных техник и технологий для соблюдения требований экологической безопасности объектов строительства, которые необходимо применять в практической деятельности проектировщика.

12.2.1. Разработка генерального плана промышленного предприятия

На основании данных обследования выбранной для строительства площадки площадки разрабатывают генеральный план промышленного предприятия, который является проектным документом, определяющим размеры необходимой территории, размещение зданий и сооружений, их габариты, инженерную организацию и благоустройство территории будущего предприятия.

Размер промышленной территории определяется: мощностью и профилем предприятий, особенностями оборудования и характером застройки территории предприятия, размером резервной территории.

В генеральном плане предприятия в соответствии с ТКП 45-3.01-155-2009 следует предусматривать:

- организацию *санитарно-защитной зоны СЗЗ* (зоны экологической компенсации);
- увязку с планировкой и застройкой прилегающих селитебных и других функциональных зон населенного пункта;
- поочередное совершенствование функционального зонирования и планировочного решения отдельных зон промышленной площадки, ее озеленение и благоустройство;
- повышение эффективности использования территории промышленной площадки;
- объединение разрозненных производственных и вспомогательных объектов;
- повышение архитектурной выразительности застройки.

Проектируемые предприятия следует размещать в составе группы предприятий (промышленного узла), что дает большую экономию в устройстве дорог, инженерных коммуникаций, энергоснабжения и т.п. Такие предприятия имеют общие объекты вспомогательных производств, бытового обслуживания работающих (пункты питания, культурно-массовое обслуживание и др.). В промышленном узле можно объединить как предприятия различных отраслей промышленности, так и одной отрасли. При проектировании промышленного предприятия желательно объединение всех цехов в одном здании, чтобы максимально сократить протяженность дорог, коммуникаций и снизить стоимость.

Основным технико-экономическим показателем генерального плана является *плотность застройки*, т.е. отношение площади, занятой зданиями и сооружениями, к общей территории предприятия. Размещение зданий и сооружений на территории промышленного предприятия обеспечивает наиболее экономичный и целесообразный производственный процесс, так как планировка территории предприятия в этом случае ведется в тесной увязке с технологическими процессами производства.

Зонирование территории – это объединение зданий и цехов в отдельные группы. При зонировании территории промышленного предприятия ее разделяют на участки, общие по функциональному назначению, санитарной характеристике, видам транспортного обслуживания, потреблению электроэнергии, людским потокам и др.

На промышленной площадке предусматривают следующие зоны:

- *предзаводскую*, где размещаются заводоуправление, комплекс проходной, столовая, здания медицинского, учебного и культурно-бытового обслуживания;
- *производственную*, с основными производственными цехами (обрабатывающие и сборочные), сооружениями водоснабжения и энергетических устройств, зданиями бытовых и других помещений, радиус доступности которых не позволяет разместить их вне производственной зоны; подсобных производств, в которые входят вспомогательные цехи (ремонтно-механические и ремонтно-строительные), станции перекачки, транспортные сооружения;
- *складскую*, т.е. сооружения для сырья и готовой продукции.

Важнейшее преимущество правильно зонированной территории промплощадки – это возможность развития предприятия таким образом, чтобы не нарушалась четкость планировки предприятий, взаимосвязи их планировочных элементов. Нерациональное зонирование территории вызывает перерасход территории, ухудшает связь между отдельными производствами, усложняет обслуживание предприятия, затрудняет его реконструкцию и расширение.

Производственные здания группируют с учетом общности санитарных и противопожарных требований, а также удобства грузооборота и коротких маршрутов людских потоков. Здания и сооружения с повышенной пожарной опасностью или с возможностью выделения загрязняющих веществ располагают с подветренной стороны по отношению к другим постройкам. Помещения и склады легковоспламеняющихся и взрывоопасных веществ размещают на особых участках в соответствии с правилами пожарной безопасности.

Бытовые и административно-хозяйственные здания располагают со стороны интенсивного движения людских потоков. Основные и подсобные цехи, а также закрытые прицеповые склады объединяют в блоки зданий одноэтажной или многоэтажной застройки во всех случаях, когда такое объединение целесообразно по производственным условиям и допустимо по санитарно-гигиеническим требованиям, правилам промышленной и пожарной безопасности.

Санитарные разрывы между зданиями и сооружениями, освещаемыми через оконные проемы, должны быть не менее наибольшей высоты противостоящих зданий.

Площадка предприятия должна быть обеспечена достаточной сетью дорог, которая определяется не только транспортно-технологическими, но и противопожарными требованиями.

Для хорошего проветривания всей территории главное направление дорог должно быть параллельно направлению господствующих ветров.

Магистральные дороги, представляющие собой основные транспортные артерии, следует принимать шириной 10 м; второстепенные, ведущие к основным производственным зданиям, и вспомогательные, ведущие к остальным зданиям завода, – соответственно 6,5 и 3,5 м.

Ширина тротуара принимается кратной полосе движения шириной 0,75 м. Число полос движения по тротуару следует устанавливать в зависимости от количества работающих, занятых в наибольшей смене в здании (или группе зданий), к которому ведет тротуар, из расчета 750 человек на одну полосу движения. Ширина тротуара должна быть не менее 1,5 м.

Общая площадь территории озеленения должна составлять не менее 15 %. В составе элементов озеленения следует предусматривать не менее 8-10 % газона многолетних трав, а также 5-7 % древесных насаждений, располагаемых разнопородными и разновозрастными группами в виде фильтрующих или защитных посадок. Озеленение допускается размещать на покрытиях зданий (вертикальное озеленение). Также допускается применять «передвижные

сады», размещая деревья и кустарники в контейнеры, которые могут убираться с территории промплощадки при необходимости и в зимнее время.

В генплане следует предусматривать размещение на территории предприятия благоустроенных площадок для отдыха и (по заданию заказчика) занятий спортом.

Ввиду многообразия зданий применяют различные приемы планировки и застройки промышленной территории. В строительной практике возможны следующие застройки:

- *квартально-панельная*, при которой промышленная территория разбита на ряд кварталов-панелей, ограниченных сеткой магистралей и проездов;
- *павильонная*, состоящая из зданий павильонного типа;
- *сплошная*, когда в одноэтажных зданиях значительной ширины и длины под одной крышей располагается несколько производств;
- *секционно-гребенчатая* — компоновка зданий из строительных секций.

При разработке генеральных планов промышленных предприятий и населенных пунктов, а также при проектировании объектов хозяйственной или иной деятельности следует руководствоваться требованиями экологической безопасности в соответствии с действующим природоохранным законодательством и другими ТНПА. Для этого разрабатывается раздел «Охрана окружающей среды» в соответствии с ПЗ-2 к СНБ 1.03.02 и другими действующими ТНПА.

12.2.2. Проектирование санитарно-защитной зоны предприятия

Санитарно-защитная зона (СЗЗ) – это территория с особым режимом использования, размер которой обеспечивает достаточный уровень безопасности здоровья населения от вредного воздействия (химического, биологического, физического) объектов на ее границе и за ней.

Все вопросы организации СЗЗ предприятий в настоящее время регламентируются Санитарными нормами, правилами и гигиеническими нормативами «Гигиенические требования к организации санитарно-защитных зон предприятий, сооружений и иных объектов, являющихся объектами воздействия на здоровье человека и окружающую среду», утвержденных Постановлением Министерства здравоохранения РБ 10.02.2011 г. № 11.

СЗЗ является обязательным элементом любого объекта хозяйственной и иной деятельности. Территория СЗЗ предназначена для обеспечения снижения уровня любого воздействия за ее пределами до установленных гигиенических нормативов; создания санитарного защитного барьера между территорией предприятия (группы предприятий) и территорией жилой застройки; организации дополнительных озелененных площадей, обеспечивающих экранирование, ассимиляцию и фильтрацию загрязнителей атмосферного воздуха и повышения комфортности микроклимата.

СЗЗ или какая-либо ее часть не может рассматриваться как резервная территория предприятия и использоваться для расширения промышленной площадки.

Планировочная структура объекта должна быть организована таким образом, чтобы граница СЗЗ была максимально приближена к границе территории объекта, либо совпадала с ней.

Граница территории СЗЗ устанавливается до:

- границ территории объекта;
- границ земельных участков (при усадебном типе застройки);
- окон жилых домов (при многоэтажной жилой застройке).

Для СЗЗ устанавливается режим территории СЗЗ. В соответствии с установленным режимом территории СЗЗ в республике *допускается размещать на территории или в границах СЗЗ такие объекты, как:*

- предприятия, сооружения с меньшими размерами СЗЗ, чем основное производство;
- предприятие, аналогичное по составу выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух и физическим воздействиям существующего производства (производств), при условии соблюдения нормативов ПДК (ОБУВ) и уровней физических воздействий на границе СЗЗ при суммарном учете;
- здания и сооружения для обслуживания работников объекта и для обеспечения его деятельности (в том числе, нежилые помещения для дежурного аварийного персонала, помещения для пребывания работающих по вахтовому методу (не более двух недель);
- административные здания, сооружения, бани, прачечные;
- объекты мелкорозничной торговой сети;
- объекты общественного питания;
- объекты придорожного сервиса;
- конструкторские бюро и научно-исследовательские лаборатории;
- гаражи, площадки и сооружения для хранения общественного и индивидуального транспорта;
- пожарные депо, местные и транзитные коммуникации, линии электропередач, электроподстанции, нефте- и газопроводы;
- подземные источники технического водоснабжения, водоохлаждающие сооружения для подготовки технической воды, канализационные насосные станции, сооружения оборотного водоснабжения;
- подземные источники хозяйственно-бытового водоснабжения, обеспечивающие водой данный объект, при соблюдении зон санитарной охраны подземного источника и при условии гидрогеологического обоснования;
- автозаправочные станции, станции технического обслуживания автомобилей;
- питомники растений для озеленения территории предприятия и территории СЗЗ;
- объекты по выращиванию сельскохозяйственных культур, неиспользуемых для производства пищевых продуктов.

Не допускается размещать в СЗЗ объекты:

- жилую застройку, включая отдельные жилые дома;
- зоны и парки отдыха, территории курортов, санаториев и домов отдыха;
- территории садоводческих товариществ и усадебной застройки, коллективных или индивидуальных дачных и садово-огородных участков;
- спортивные сооружения, детские площадки;
- учреждения, обеспечивающие получение дошкольного, общего среднего, профессионально-технического, среднего специального и высшего образования, дополнительного образования детей и взрослых ;
- организации здравоохранения, санаторно-курортные и оздоровительные организации;
- склады сырья для фармацевтических предприятий;
- объекты пищевых отраслей промышленности, оптовые склады продовольственного сырья и пищевых продуктов. В СЗЗ объектов отраслей пищевой промышленности, оптовых складов продовольственного сырья и пищевой продукции, складов сырья для фармацевтических предприятий допускается размещение новых профильных, однотипных объектов при исключении взаимного негативного воздействия на продукцию, окружающую среду и здоровье человека;
- комплексы водопроводных сооружений для водоподготовки и хранения питьевой воды (за исключением обеспечивающих водой данное предприятие);
- объекты по выращиванию сельскохозяйственных культур, используемых для питания населения.

Размер СЗЗ устанавливается:

- для предприятий с технологическими процессами – источниками загрязнения атмосферного воздуха вредными и неприятнопахнущими веществами – непосредственно от источника загрязнения атмосферы, а также от мест загрузки сырья или открытых складов;
- для тепловых электростанций, производственных и отопительных котельных – от дымовых труб.

Вышеназванными санитарными нормами и правилами определяется базовый размер СЗЗ для большинства предприятий отраслей хозяйственной и иной деятельности.

Для объектов, не имеющих базовую СЗЗ, а также с новыми, недостаточно изученными технологиями без аналогов в РБ, устанавливается расчетная СЗЗ.

Установление границ и размеров расчетной СЗЗ проектируемых объектов по совокупности факторов воздействия проводится в рамках проекта СЗЗ.

Проект СЗЗ разрабатывается в обязательном порядке для проектируемых, строящихся и реконструируемых объектов.

Для реконструируемых и модернизируемых объектов, в случае, если не изменяются размеры базовой или установленной совокупной расчетной СЗЗ (что должно быть подтверждено в соответствующем подразделе «Охрана атмо-

сферного воздуха» раздела проекта «Охрана окружающей среды), разработка нового проекта СЗЗ не требуется.

Состав проекта СЗЗ определен «Гигиеническими требованиями к составу проекта, санитарно-защитной зоны», утвержденными Главным государственным санитарным врачом Министерства здравоохранения РБ 24.12.2010 г. № 120-1210.

В составе проекта СЗЗ должны быть разработаны:

- пояснительная записка;
- табличные материалы к пояснительной записке;
- графические материалы.

Пояснительная записка к проекту СЗЗ включает:

- общие сведения о предприятии (аналогичные разделу проекта «Охрана окружающей среды»);
- анализ функционального использования территории в районе расположения предприятия;
- краткую характеристику природно-экологических особенностей территорий;
- оценку качества атмосферного воздуха с проведением расчета СЗЗ по фактору химического загрязнения атмосферного воздуха;
- оценку уровней физических факторов с расчетом СЗЗ по фактору шумового воздействия (в соответствии с ТКП 45.2-2.04-154-2009 «Защита от шума»);
- расчет СЗЗ по прочим факторам негативного физического воздействия;
- анализ водопотребления и водоотведения (в случае сброса сточных вод в поверхностные водоемы, расположенные в границах СЗЗ);
- образование производственных отходов (в случае хранения, обезвреживания или утилизации в границах СЗЗ);
- мероприятия по снижению негативного воздействия на среду обитания;
- обоснование границ СЗЗ по совокупности показателей;
- границы СЗЗ на схеме с текстовым описанием трассировки границы по восьми румбам с указанием расстояний и расчетных точек от источника выбросов;
- мероприятия по планировочной организации, благоустройству и озеленению свободной территории СЗЗ;
- режим использования территории СЗЗ (размещение на территории или в границах СЗЗ объектов, допускаемых к размещению);
- оценку риска воздействия загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и шума, обусловленных выбросами и эмиссиями объекта, на здоровье населения (при изменении базовых размеров СЗЗ или установлении расчетных размеров СЗЗ).

Табличные материалы:

- баланс территории предприятия;
- перечень загрязняющих веществ, обусловленных выбросами объекта в атмосферный воздух;
- анализ результатов расчетов рассеивания выбросов загрязняющих веществ в атмосферном воздухе с учетом фоновых концентраций;
- концентрация загрязняющих веществ в расчетных точках (на границах СЗЗ, за ней, в жилой застройке);

- перечень объектов озеленения;
- рекомендуемый ассортимент деревьев для озеленения СЗЗ;
- план-график мероприятий по сокращению негативного воздействия на окружающую среду;
- план-график выполнения мероприятий по организации, благоустройству и озеленению территории;
- программа производственного лабораторного контроля качества атмосферного воздуха на границе СЗЗ и на территории прилегающей жилой зоны для предприятий, имеющих СЗЗ более 300 метров.

Графические материалы:

- схема функционального использования территории в районе расположения предприятия;
- генеральный план предприятия;
- схема размещения источников выбросов и загрязнения атмосферного воздуха (существующее положение и прогноз);
- схема размещения источников шума, вибрации, ЭМИ, радиации и зоны их воздействия (существующее положение и прогноз);
- схема по установлению границы СЗЗ;
- схема планировочной организации СЗЗ;
- план благоустройства и озеленения СЗЗ с учетом того, что степень озеленения территории СЗЗ должна быть не менее:
 - 60% ее площади – для объектов с размерами СЗЗ менее 100 м;
 - 50% ее площади – для объектов с размерами СЗЗ от 101 до 500 м;
 - 40% ее площади – для объектов с размерами СЗЗ от 501 до 1000 м и более.
- схема размещения постов производственного контроля.

При разработке проекта СЗЗ граница СЗЗ, определяемая по совокупности факторов воздействия на окружающую среду, в большинстве случаев не совпадает с базовой.

Для действующих объектов базовый размер СЗЗ уменьшается в следующих случаях:

- при достижении уровней химического, биологического загрязнения и физических воздействий до величины гигиенических нормативов на границе СЗЗ, подтвержденных результатами аналитического (лабораторного) контроля;
- достижения минимального риска здоровью населения, подтвержденного результатами исследований по оценке риска проживания населения;
- уменьшения мощности предприятия, реконструкции и модернизации объектов со снижением объемов выбросов загрязняющих веществ и значений приземных концентраций, создаваемых этими выбросами.

Временное сокращение объема производства не является основанием к пересмотру установленного размера СЗЗ максимальной проектной или фактически достигнутой мощности.

Увеличение размера СЗЗ по сравнению с базовым производится при возможности обеспечения техническими и технологическими средствами нормативных уровней по любому фактору воздействия на границе СЗЗ, полученных расчетным путем и (или) по результатам лабораторного контроля.

В случае несовпадения размера расчетной СЗЗ и полученной на основании оценки риска, а для действующего предприятия и результатов аналитического (лабораторного) контроля, решение по размеру СЗЗ принимается по варианту, обеспечивающему наибольшую безопасность для здоровья населения.

После окончания реконструкции (строительства) и ввода объекта в эксплуатацию расчетные параметры должны быть подтверждены результатами аналитического (лабораторного) контроля и измерений физических факторов.

Проект СЗЗ рассматривается Министерством здравоохранения РБ и его территориальными органами.

12.3. Содержание раздела «Охрана окружающей среды» в проектной документации

Раздел «Охрана окружающей среды» проекта разрабатывается в объеме, достаточном для обеспечения в процессе строительства и последующей эксплуатации проектируемого объекта безопасной среды обитания для жизни и здоровья населения, рационального природопользования и защиты всех компонентов природной среды.

В соответствии с ТКП 45-1.02-214-2010 «Состав проектной документации в строительстве. Правила проектирования» в составе любого вида проекта в обязательном порядке разрабатывается раздел «Охрана окружающей среды» (раздел ООС), а все проектные решения должны учитывать требования экологических условий на проектирование, действующих нормативных технических актов, природоохранного законодательства.

Разработка проектной документации на строительство объектов может осуществляться в одну, две или три стадии, необходимость которых определяется заказчиком. При трехстадийном проектировании в состав проектной документации входят:

- 1 стадия – обоснование инвестирования в строительство «ОИ»,*
- 2 стадия – архитектурный проект «А»,*
- 3 стадия – строительный проект «С».*

В установившейся практике проектирования раздел ООС разрабатывается на предпроектной стадии в составе проекта обоснования инвестиций в строительство на основе ориентировочных данных с использованием действующих аналогов; в архитектурном проекте или утверждаемой части архитектурного проекта – в соответствии с ПЗ-2, с получением заключения государственной строительной экспертизы (государственной экологической экспертизы).

ОИ строительства, прошедшее государственную экспертизу в установленном порядке, является утверждаемой стадией проектной документации на строительство объекта и основанием для открытия финансирования для начала строительных работ.

После получения положительного заключения экологической экспертизы не допускается внесение изменений и дополнений в раздел ООС и в проектную документацию в части экологической безопасности без повторного прохождения экологической экспертизы.

Обоснованием необходимости последующей корректировки раздела ООС в строительном проекте (стадия С) является:

- дополнительные требования, содержащиеся в заключении государственной экологической экспертизы на проектную документацию стадий ОИ или А;
- появление на последующих стадиях дополнительных источников выбросов (сбросов) загрязняющих веществ в окружающую среду;
- внесение планировочных, инженерно-технических, технологических изменений на последующих стадиях проектирования, влияющих на экологическую характеристику объекта.

Разработка раздела «Охрана окружающей среды» не заменяет собой разработку оценки воздействия планируемой деятельности на окружающую среду (ОВОС), если таковое предусмотрено действующим природоохранным законодательством.

В ПЗ-2 к СНБ 1.03.02 приводится наиболее оптимальный **состав и содержание раздела ООС**, который включает в себя следующие подразделы:

Введение

1. Общая часть

1.1. Общие данные по объекту.

1.2. Краткая характеристика площадки, физико-географических и климатических условий строительства.

*2. Технологические решения**

2.1. Краткая характеристика существующего технологического процесса.

2.1.1. Краткая характеристика используемого сырья и материалов.

2.1.2. Краткая характеристика выпускаемой продукции.

2.2. Краткая характеристика существующего технологического оборудования.

2.3. Краткая характеристика существующего очистного оборудования.

2.4. Краткая характеристика технологического процесса с учетом проектных решений.

2.4.1. Краткая характеристика сырья и материалов;

2.4.2. Краткая характеристика выпускаемой продукции после реализации проектных решений.

* Подраздел обязателен преимущественно для объектов производственного назначения.

2.4.3. Краткая характеристика проектируемого технологического оборудования.

2.4.4. Краткая характеристика проектируемого очистного оборудования.

3. *Охрана атмосферного воздуха от загрязнения.*

3.1. Существующее состояние атмосферы в районе строительства.

3.2. Характеристика существующих источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. Расчет рассеивания существующих выбросов вредных веществ в атмосферу.

3.3. Характеристика загрязняющих веществ, содержащихся в выбросах проектируемых источников выбросов вредных веществ в атмосферный воздух.

3.4. Перечень выбрасываемых объектом загрязняющих веществ и их ПДК в атмосферном воздухе на существующее производство и по проекту.

3.5. Параметры источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферу (существующее положение + проектируемые источники).

3.6. Анализ расчета рассеивания загрязняющих веществ от всех источников загрязнения атмосферного воздуха предприятия и определение СЗЗ в соответствии с принятым проектным решением и учетом существующего производства.

3.7. Мероприятия по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от промплощадки предприятия с учетом существующих и проектируемых источников. Расчет рассеивания вредных веществ от всех источников загрязнения атмосферного воздуха предприятия; определение СЗЗ в соответствии с предлагаемыми мероприятиями по защите атмосферного воздуха.

3.8. Мероприятия по защите атмосферного воздуха при неблагоприятных метеоусловиях (НМУ) с учетом действующего производства и проектных решений.

4. *Охрана поверхностных и подземных вод от загрязнения и истощения (с учетом действующего производства и проектных решений).*

4.1. Водопровод хозяйственно-питьевой и противопожарный. Общие данные. Расчетные расходы воды:

4.1.1. Технологическое водоснабжение.

4.2. Основные проектные решения по водоотведению.

4.2.1. Система хозяйственно-бытовой канализации.

4.2.2. Технологическая канализация.

4.2.3. Баланс водопотребления и водоотведения.

4.2.4. Отвод и очистка поверхностного стока.

4.2.5. Характеристика очистных сооружений.

5. *Охрана и рациональное использование земельных ресурсов*

5.1. Краткая характеристика использования земельных ресурсов с учетом проектных решений.

5.2. Мероприятия по рекультивации нарушенных земель при строительстве и последующей эксплуатации объекта.

5.3. Мероприятия по предотвращению загрязнения земель (в т.ч.) почвы при строительстве и последующей эксплуатации объекта.

6. *Охрана окружающей среды от загрязнения отходами производства и потребления. Санитарная очистка территории*

6.1. Краткая характеристика отходов, образующихся на предприятии (с учетом проектного решения).

6.2. Нормативы образования отходов (с учетом проектного решения).

6.3. Сбор, хранение, обезвреживание, утилизация образующихся отходов производства и потребления.

6.4. Мероприятия по защите окружающей среды от загрязнения отходами производства и потребления.

7. Охрана естественного рельефа, почвы и растительности

7.1. Характеристика существующего ландшафта и его использование;

7.2. Мероприятия, направленные в проектном решении на сохранение и оптимизацию режима использования существующего ландшафта;

7.3. Охрана растительности:

7.3.1. Краткая характеристика существующих объектов растительного мира на проектируемом объекте;

7.3.2. Проектные решения по сносу зеленых насаждений;

7.3.3. Проектные решения по озеленению территории объекта.

8. Охрана животного мира

8.1. Краткая характеристика животного мира в районе проектирования.

8.2. Мероприятия по охране и защите животного мира.

Состав и содержание раздела могут быть расширены или частично изменены в зависимости от специфики деятельности объекта, его мощности, особенностей расположения, а также задач, подлежащих решению и отраженных в задании на проектирование, экологических условий на проектирование.

Каждый подраздел раздела ООС сопровождается соответствующими расчетами и графическими материалами, перечень которых приводится в ПЗ-2. Этот перечень является обязательным, но состав и содержание предоставляемых графических материалов также может корректироваться в зависимости от состава и содержания раздела ООС.

Раздел ООС разрабатывается на основании исходных данных, позволяющих провести оценку экологического соответствия разрабатываемого проектного решения действующим требованиям.

Исходными данными для разработки раздела ООС являются:

- решение на проектные и изыскательские работы;
- заключение территориального органа Министерства здравоохранения РБ на размещение производства (объекта);
- ТУ на водопровод, канализацию и ливневую канализацию;
- архитектурно-планировочное задание;
- задание на проектирование;
- общая пояснительная записка (ОПЗ) к проекту;
- письмо ГУ «Республиканский центр радиационного контроля и мониторинга окружающей среды» о фоновых метеорологических характеристиках предприятия;
- сводный план инженерных сетей с согласованиями;
- комплект чертежей генплана;

- проект тома ПДВ действующего производства;
- акт технического отчета по инвентаризации источников выбросов действующего производства;
- справка о годовом объеме выпускаемой продукции (по видам продукции);
- справка о годовом потреблении сырьевых материалов;
- справка о топливно-энергетических ресурсах действующего производства;
- справка о расходе альтернативного топлива на единицу продукции и его годовая потребность;
- справка о месторождении и характеристике альтернативного топлива;
- экологический паспорт действующего производства;
- проект действующего производства;
- технологическая карта (технологический регламент) существующего процесса производства;
- проект котельной с расчетами котельной (при наличии таковой);
- проект артезианской скважины (при наличии таковой);
- проект очистных сооружений (при наличии таковых);
- ситуационный план (радиус 2 км.).

Перечень и содержание исходных данных также могут варьироваться в зависимости от особенностей принятых состава и содержания раздела ООС.

Предоставление необходимых исходных данных и технических условий обеспечивается заказчиком в соответствии с условиями договора на проведения проектных работ и технического задания на проектирование.

Раздел «Охрана окружающей среды» сопровождается экологическим паспортом проекта, который является его неотъемлемой частью.

12.4. Экологический паспорт проекта

Экологический паспорт проекта представляет собой комплекс данных, выраженных через систему показателей, отражающих степень соблюдения экологических требований при проектировании объекта.

Форма и содержания экологического паспорта проекта определяется Приложением 1 к Инструкции о порядке проведения государственной экологической экспертизы в РБ, утвержденной Министерством ПриООС 11.05.2001 г. №8.

В экологическом паспорте проекта должны быть отражены следующие данные и сведения в полном соответствии с заданием на проектирование:

Наименование, местонахождение и номер проектируемого объекта

ОБЩАЯ ЧАСТЬ

1. Наименование проектной организации, ее адрес – указывается полное и сокращенное наименование, юридический адрес, телефон/факс, электронный адрес, реквизиты проектной организации.

2. Стадия проектирования.

3. Дата составления проекта

4. Общая сметная стоимость проекта в ценах 2006 г., тыс. руб. – в т.ч. затраты на мероприятия по охране природы и рациональному использованию природных ресурсов, тыс.руб.

5. Сроки начала и окончания.

6. Объем выпускаемой продукции (основной).

7. Наименование органов государственного управления и контроля, согласовавших проект, и даты согласования - заполняется после получения положительного заключения экологической или государственной экологической экспертизы.

8. Разрешение на проведение проектных работ – в соответствии с решением исполнительного органа власти, выдавшего решение на проведение проектно-исследовательских работ (наименование органа, дата и номер документа).

ДАННЫЕ О ПЛОЩАДКЕ РАЗМЕЩЕНИЯ ОБЪЕКТА

9. Площадь участка, необходимая для размещения площадки под проектируемый объект (гектаров) – в соответствии с архитектурно-планировочным заданием.

10. Наличие особо охраняемых территорий (заповедники, заказники, национальные места произрастания редких видов растений, места обитания редких видов животных) и влияния проектируемого объекта на их состояние - в соответствии со справкой Министрства ПриООС или его территориального органа.

11. Мероприятия по восстановлению (рекультивации) нарушенных земельных участков и использование плодородного слоя почвы – в соответствии с данными общей пояснительной записки к проекту (раздел генплана) с указанием объема выемки и подсыпки минерального грунта, направления его использования; места складирования плодородного слоя почвы и минерального грунта, мероприятия по сохранению плодородного слоя почвы.

12. Площадь лесных и сельскохозяйственных угодий (в том числе пашни), подлежащих изъятию (гектаров) – в соответствии с решением на проектно-исследовательские работы.

13. Санитарная классификация объекта (в настоящее время отсутствует).

13.1. Нормативный размер санитарно-защитной зоны (м) – в соответствии с Санитарными нормами, правилами и гигиеническими нормативами «Гигиенические требования к организации санитарно-защитных зон предприятий, сооружений и иных объектов, являющихся объектами воздействия на здоровье человека и окружающую среду». В случае отсутствия в этом документе базовой санитарно-защитной зоны для проектируемого объекта, это необходимо указать.

13.2. Принятый в проекте размер санитарно-защитной зоны определяется расчетным путем по совокупности факторов химического и физического (шум, вибрация, электромагнитное и иное излучение, прочие виды) загрязнения атмосферного воздуха.

14. Мероприятия по организации санитарно-защитной зоны (снос строений, озеленение) в соответствии с проектом санитарно-защитной зоны (при его наличии).

ОХРАНА И РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

15. Водоснабжение – указывается вид водоснабжения (централизованное, иное) из общей пояснительной записки к проекту, раздел «Инженерное оборудование, сети и системы» в части «Водоснабжение» и подраздела «Охрана поверхностных и подземных вод от загрязнения и истощения» раздела проекта «Охрана окружающей среды».

15.1 Наименование источника водоснабжения – указывается источник водоснабжения в соответствии с техническими условиями:

а) хозяйственно-питьевого

б) производственного

15.2 Удельный расход воды по проекту (на одного жителя, на единицу основной продукции).

15.3 Водозаборные сооружения (технологическая схема подачи воды, состав сооружений по очередям строительства с указанием их производительности).

15.4 Объем водопотребления, всего, м³/сут., в том числе:

а) на хозяйственно-питьевые нужды, м³/сут.;

б) на производственные нужды, м³/сут:

воды питьевого качества

воды технического качества

15.5 Объем оборотного и повторного использования воды:

а) в системе оборотного водоснабжения, м³/сут.;

б) повторное использование воды, м³/сут.

15.6 Наименование технологических циклов, где используются системы оборотного и повторного водоснабжения.

15.7 Процент экономии свежей воды за счет применения оборотного и повторного водоснабжения.

КАНАЛИЗАЦИЯ И ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ОБЪЕКТА

16. Данные указываются в соответствии с общей пояснительной запиской к проекту, раздел «Инженерное оборудование, сети и системы» в части «Канализация и водоотведение» и подраздела «Охрана поверхностных и подземных вод от загрязнения и истощения» раздела проекта «Охрана окружающей среды».

16.1 Удельный расход сточных вод на одного жителя, единицу основной продукции.

16.2 Общий объем сточных вод, м³/сут. в том числе:

а) бытовых;

б) производственных;

из них не требующих очистки

16.3 Сооружения по внутриплощадочной очистке бытовых и производственных сточных вод (состав сооружений, их производительность и куда осуществляется сброс очищенных сточных вод).

16.4 Сооружения по внеплощадочной очистке бытовых и производственных сточных вод (технологическая схема очистки, состав и производительность сооружений по очередям строительства, наличие и местоположение выпуска очищенных сточных вод в открытый водоприемник).

16.5 Сооружения по очистке дождевых сточных вод (технологическая схема очистки, состав и производительность сооружений по очередям строительства).

16.6 Наименование водоприемника очищенных дождевых сточных вод, не требующих очистки, их качественная характеристика.

16.7 Физико-химический состав и свойства сточных вод:

Показатели	До очистки, мг/л	После очистных сооружений дождевых стоков, мг/л	После внеплощадочных сооружений, мг/л	В створе полного смешения, мг/л
Взвешенные вещества				
Нефтепродукты				
БПК _{полн}				
БПК ₂₀				
Солесодержание в зимний период				

16.8 Среднесуточное количество реагентов, применяемых для очистки, дезинфекции или нейтрализации сточных вод.

16.9 Использование очищенных сточных вод на производственные нужды или для других целей.

16.10 Наименование, физико-химические и бактериологические показатели водоема, куда сбрасываются очищенные сточные воды (максимальный, среднегодовой и минимальный среднемесячный расход для года с 95 % обеспеченностью в м³/с, глубина, ширина, скорость течения. Для озер и водохранилищ – объем в тыс. м³).

УДАЛЕНИЕ, ОБЕЗВРЕЖИВАНИЕ И УТИЛИЗАЦИЯ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ СТОКОВ

Раздел разрабатывается преимущественно для сельскохозяйственных предприятий, мясокомбинатов, других природопользователей, на балансе которых имеются цеха (участки) по содержанию сельскохозяйственных животных.

17. Система удаления навозных стоков – дается полное технологическое описание предлагаемой системы удаления навозных стоков.

18. Выход навозных стоков, (м³/сут.), в том числе твердой фракции.

19. Описание системы обеззараживания и утилизации твердой фракции – дается краткое описание технологии обеззараживания и утилизации твердой фракции.

ОХРАНА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

Заполнение требуемых форм проводится в соответствии с данными подраздела «Охрана атмосферного воздуха» раздела проекта «Охрана окружающей среды».

21. Характеристика категории опасности предприятия (параметр П, определяемый в соответствии с ОНД 1-84).

22.1 Количество вредных веществ, отходящих в воздушный бассейн от всех проектируемых источников (т/год).

22.2 Количество уловленных и обезвреженных на объекте вредных веществ.

23. Источник теплоснабжения объекта и вид топлива.

24. Существующее фоновое загрязнение в районе строительства предприятия (с разбивкой по ингредиентам), мг/м³.

Данные по фону даются на основании письма ГУ «Республиканский центр радиационного контроля и мониторинга окружающей среды».

25. Ожидаемые значения максимальных концентраций вредных веществ в приземном слое атмосферы после ввода в эксплуатацию проектируемого объекта (указываются в соответствии с расчетом рассеивания вредных веществ в приземном слое атмосферы с учетом фоновых концентраций):

Наименование веществ	Значения максимальных концентраций в долях ПДК			
	в точках максимума без учета фона	в точках максимума с учетом фона	в жилой зоне с учетом фона	в жилой зоне без учета фона

26. Величина существующего в объекте валового выброса вредных веществ в воздушный бассейн (после очистки) до разработки новых проектных решений (т/год).

27. Предполагаемый в проекте нормативов НДВ по валовому выбросу (с учетом существующего выброса). т/год.

28. Нормативы выбросов загрязняющих веществ с разбивкой по ингредиентам в целом по объекту:

Наименование веществ	Существующий выброс (т/год) на год	Нормативы НДВ (т/год)			Год достижения НДВ
		201__г.	201__г.	201__г.	
1					
2					

29. Таблица параметров выбросов загрязняющих веществ в атмосферу выполнена в соответствии с требованиями ГОСТ 172.3.02, представляется для предприятия при наличии не более 200 источников выбросов.

УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ

Разрабатывается на основании раздела «Охрана окружающей среды от загрязнения отходами производства» раздела проекта «Охрана окружающей среды», данных проекта организации строительства (ПОС).

30. Виды и объемы отходов производства, коммунальных и твердых бытовых отходов, т/год – указываются все виды образующихся отходов при реализации проектного решения, в т.ч. строительный мусор, смет с территории, минеральный грунт (подлежащий удалению с площадки строительства), коды перечисленных видов отходов.

31. Проектные решения по утилизации и использованию образующихся отходов, включая токсичные, т/год.

32. Принятые прогрессивные технические решения по внедрению малоотходных технологий.

33. Мероприятия, направленные на улучшение природного состояния местности, где размещается проектируемый объект (посадка зеленых насаждений, создание водоемов, противоэрозионные работы и пр.) – в соответствии с принятыми в разделе проекта «Охрана окружающей среды» и утвержденными в виде плана-графика заказчиком:

- перечень и краткая техническая характеристика проектируемого очистного оборудования;
- перечень и краткая техническая характеристика принятых в проекте приборов учета, места их установки;
- количественная и качественная характеристика объектов растительного мира на площадке в соответствии с планом таксации зеленых насаждений; количественная и качественная характеристика вырубаемых под пятно застройки зеленых насаждений (ведомость зеленых насаждений); количественная и качественная характеристика элементов принятого озеленения в соответствии с планом озеленения.

Также должны быть отражены показатели по:

- обеспеченности населения озелененными участками территории в жилой застройке, м²/чел (для объектов жилищного строительства);
- расчетная площадь озеленения, га;
- процент озелененности, % и др.

Приложения:

1. Ситуационный план расположения объекта с отображением ситуации в радиусе не менее 2 км (если имеется источник выброса высотой Н>40 м, то радиус должен быть не менее 50 Н), с указанием на нем границ СЗЗ объекта, жилой и промышленной застройки.

2. Карта-схема источников выбросов вредных веществ предприятия.

3. Таблица параметров источников выбросов вредных веществ в атмосферу.
4. Генплан объекта с инженерными сетями.
5. Генплан очистных сооружений (при наличии).

Руководитель предприятия

(Ф.И.О., должность)

Ответственный исполнитель

(Ф.И.О., должность)

Дата

Примечание: Экологический паспорт проекта является обязательным приложением к заключению экологической и государственной экологической экспертизы проектной документации.

Разработчик экологического паспорта несет всю полноту ответственности за данные и сведения, внесенные в экологический паспорт.

В связи с этим рекомендуется к экологическому паспорту проекта прилагать копии всех исходных данных, используемых при составлении паспорта, в т.ч. и графических материалов.

12.5. Оценка воздействия на окружающую среду

Оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС) – определение при разработке проектной документации возможного воздействия на окружающую среду при реализации проектных решений, предполагаемых изменений окружающей среды, а также прогнозирование ее состояния в будущем в целях принятия решения о возможности или невозможности реализации проектных решений, в том числе с учетом возможности трансграничного воздействия.

Объекты, для которых обязательна разработка ОВОС, определены в части первой ст. 13 Закона РБ «О государственной экологической экспертизе».

К таким производствам относят атомную промышленность, металлургию, производство строительных материалов (цемент, стекло, известь, керамика), предприятия химической промышленности и многие другие виды хозяйственной деятельности.

Основными принципами оценки воздействия являются:

- превентивность, означающая проведение оценки воздействия до принятия решения о реализации планируемой деятельности и использование результатов этой оценки при разработке проектных решений для обеспечения экологической безопасности;
- презумпция потенциальной экологической опасности планируемой деятельности;
- альтернативность, означающая анализ различных вариантов размещения и (или) реализации планируемой деятельности, включая отказ от ее реализации (нулевая альтернатива);
- комплексность, означающая учет суммарного воздействия на окружающую среду осуществляемой и планируемой деятельности;

- своевременность и эффективность информирования общественности, гласность и учет общественного мнения по вопросам воздействия планируемой деятельности на окружающую среду;

- объективность и научная обоснованность, означающие подготовку отчета об оценке воздействия на окружающую среду беспристрастно и профессионально;

- достоверность и полнота информации, означающие наличие в процессе оценки воздействия как можно более полной информации, способствующей принятию экологически обоснованных решений.

Целями проведения оценки воздействия являются:

- всестороннее рассмотрение всех экологических и связанных с ними социально-экономических и иных последствий планируемой деятельности до принятия решения о ее реализации;

- поиск оптимальных проектных решений, способствующих предотвращению или минимизации возможного значительного вредного воздействия планируемой деятельности на окружающую среду;

- принятие эффективных мер по минимизации возможного значительного вредного воздействия планируемой деятельности на окружающую среду и здоровье человека;

- определение допустимости (недопустимости) реализации планируемой деятельности на выбранном земельном участке.

Результатами оценки воздействия являются:

- основные выводы о характере и масштабах воздействия на окружающую среду альтернативных вариантов размещения и (или) реализации планируемой деятельности;

- описание экологических и связанных с ними социально-экономических и иных последствий реализации планируемой деятельности и оценка их значимости;

- описание мер по предотвращению, минимизации или компенсации возможного значительного вредного воздействия планируемой деятельности на окружающую среду и улучшению социально-экономических условий;

- обоснование выбора приоритетного места размещения объекта, наилучших доступных технических и других решений планируемой деятельности, а также отказа от ее реализации (нулевая альтернатива).

Работы по ОВОС могут выполняться проектными, научно-исследовательскими организациями, независимо от формы собственности в счет собственных средств заказчика.

При проведении оценки воздействия разработчики обязаны использовать полную, достоверную и актуальную исходную информацию, поверенные и аккредитованные средства и методы измерений, а также утвержденные в установленном порядке методики и расчеты для оценки возможных неблагоприятных последствий реализации планируемой деятельности для окружающей сре-

ды и здоровья человека. В случае отсутствия утвержденных в установленном порядке методик для целей ОВОС могут применяться методики и методические подходы, опубликованные в рецензируемых научных изданиях с обязательным их изложением или ссылки на их публикацию в отчете об ОВОС.

Оценка воздействия проводится для объекта в целом. Не допускается проведение оценки воздействия для отдельных выделяемых в проектной документации по объекту этапов работ, очередей строительства, пусковых комплексов.

Оценка воздействия на окружающую среду планируемой деятельности, в том числе с учетом возможного трансграничного воздействия, организуется и финансируется заказчиком.

Процедура проведения ОВОС определяется Положением о порядке проведения оценки воздействия на окружающую среду, утвержденного Постановлением Совета Министров РБ 19.05.2010 г. № 755.

Процедура проведения ОВОС должна содержать следующие обязательные этапы:

- 1) разработка и утверждение программы проведения оценки воздействия на окружающую среду (далее – программа проведения ОВОС);
- 2) проведение международных процедур в случае возможного значительного вредного трансграничного воздействия планируемой деятельности;
- 3) разработка отчета об оценке воздействия на окружающую среду (далее – отчет об ОВОС);
- 4) проведение обсуждений отчета об ОВОС с общественностью, чьи права и законные интересы могут быть затронуты при реализации проектных решений, на территории РБ (общественные обсуждения) и в случае возможного значительного вредного трансграничного воздействия планируемой деятельности – на территории затрагиваемых сторон (общественные обсуждения на территории затрагиваемых сторон);
- 5) проведение консультаций в случае возможного значительного вредного трансграничного воздействия планируемой деятельности с затрагиваемыми сторонами по полученным от них замечаниям и предложениям по отчету об ОВОС;
- 6) доработка отчета об ОВОС, в том числе по замечаниям и предложениям общественности и затрагиваемых сторон, в случае выявления воздействий на окружающую среду, не учтенных в отчете об ОВОС, либо в связи с внесением изменений в проектную документацию, если эти изменения связаны с воздействием на окружающую среду;
- 7) представление доработанной проектной документации по планируемой деятельности, включая отчет об ОВОС, на государственную экологическую экспертизу;
- 8) проведение государственной экологической экспертизы проектной документации, включая отчет об ОВОС, по планируемой деятельности;
- 9) утверждение проектной документации по планируемой деятельности, в том числе отчета об ОВОС, в установленном законодательством порядке;

10) представление в случае возможного значительного вредного трансграничного воздействия планируемой деятельности утвержденного отчета об ОВОС и принятого в отношении планируемой деятельности решения в Министерстве ПриООС для информирования затрагиваемых сторон.

Программа проведения ОВОС разрабатывается проектной организацией по договору с заказчиком.

В программе проведения ОВОС определяются структура отчета об ОВОС, график, объем и степень детализации работ по оценке воздействия, исходя из особенностей планируемой деятельности и сложности природных, социальных и техногенных условий. Степень детализации и объем работ по оценке воздействия должны быть достаточными для предварительного определения и оценки возможных экологических, связанных с ними социально-экономических и иных последствий реализации планируемой деятельности.

Проектная организация при разработке программы проведения ОВОС с учетом критериев, установленных в Добавлении I и Добавлении III к Конвенции об оценке воздействия на окружающую среду в трансграничном контексте, определяет, может ли воздействие планируемой деятельности иметь трансграничный характер.

Программа проведения ОВОС должна содержать:

- 1) план-график работ по проведению оценки воздействия;
- 2) сведения о планируемой деятельности и альтернативных вариантах ее реализации;
- 3) карту-схему альтернативных вариантов размещения планируемой деятельности;
- 4) сведения о предполагаемых методах и методиках прогнозирования и оценки, которые будут использованы для оценки воздействия.

Обязательными разделами программы являются:

1. Существующее состояние окружающей среды, социально-экономические и иные условия.
2. Предварительная оценка возможного воздействия альтернативных вариантов размещения и (или) реализации планируемой деятельности на компоненты окружающей среды, социально-экономические и иные условия (указываются виды и масштабы воздействия).
3. Предполагаемые меры по предотвращению, минимизации или компенсации вредного воздействия на окружающую среду и улучшению социально-экономических условий (в том числе указывается информация о возможности естественного восстановления компонентов окружающей среды и воспроизводства возобновляемых природных ресурсов).
4. Вероятные чрезвычайные и запроектные аварийные ситуации. Предполагаемые меры по их предупреждению, реагированию на них, ликвидации их последствий.
5. Предложения по программе локального мониторинга окружающей среды и необходимости проведения послепроектного анализа.

6. Оценка возможного трансграничного воздействия (в виде отдельных разделов для каждой из затрагиваемых сторон в случае, если планируемая деятельность может оказывать трансграничное воздействие; для каждой из затрагиваемых сторон приводится информация, указанная в абзацах втором-четвертом настоящего подпункта).

При отсутствии достаточной информации по разделам программы в соответствующем разделе следует указывать, что она будет приведена в отчете об ОВОС.

В случае предполагаемого отсутствия значительного вредного трансграничного воздействия следует отражать данный факт в соответствующем разделе.

В случае возможного значительного вредного трансграничного воздействия планируемой деятельности разработчиком ОВОС по договору с заказчиком готовится:

- 1) уведомление о планируемой деятельности по форме, приведенной в Положении о порядке проведения оценки воздействия на окружающую среду;
- 2) запрос информации о затрагиваемой стороне, необходимой для разработки отчета об ОВОС, одновременно с уведомлением о планируемой деятельности либо после получения письменного ответа затрагиваемой стороны с подтверждением участия в процедуре оценки воздействия в трансграничном контексте.

Программа проведения ОВОС, Уведомления и запрос по договоренности заинтересованных сторон переводятся на английский или другой язык.

Далее заказчиком обеспечивается представление в Министерство ПРиООС программы проведения ОВОС, уведомления о планируемой деятельности, запроса информации о затрагиваемой стороне, необходимой для разработки отчета об ОВОС, на русском, английском или другом языке по договоренности заинтересованных сторон на бумажном и электронном носителях.

Министерство ПРиООС в течение 3 рабочих дней по дипломатическим каналам направляет материалы, полученные от заказчика, затрагиваемым сторонам.

При получении от затрагиваемых сторон письменного ответа с подтверждением участия в процедуре оценки воздействия в трансграничном контексте, Министерство ПРиООС в течение 3 рабочих дней направляет копию ответа с перечнем замечаний и предложений затрагиваемых сторон по программе проведения ОВОС (при их наличии) заказчику и разработчику ОВОС.

Программа проведения ОВОС подлежит доработке по замечаниям и предложениям затрагиваемых сторон и утверждению заказчиком.

По инициативе затрагиваемых сторон на их территории либо по договоренности сторон на территории РБ проводятся консультации по полученным замечаниям и предложениям по программе проведения ОВОС. В указанных консультациях от РБ принимают участие представители заказчика и разработчика ОВОС, а также при необходимости – представители Министерства ПРиООС.

По результатам проведения оценки воздействия готовится *отчет об ОВОС*, который должен включать:

1. Резюме нетехнического характера (в виде отдельного раздела), содержащее краткую информацию о планируемой деятельности и воздействии на окружающую среду, в том числе в трансграничном контексте, и предполагаемых мерах по его предотвращению, минимизации или компенсации, результатах и выводах оценки воздействия.

2. Сведения о заказчике планируемой деятельности.

3. Сведения о целях и необходимости реализации планируемой деятельности (в том числе указывается информация о соответствии планируемой деятельности принятой концепции, программе, схеме отраслевого развития (транспорта, тепло-, газо-, водоснабжения и водоотведения, мелиорации и других отраслей), утвержденной градостроительной документации).

4. Описание альтернативных вариантов (территориальных и (или) технологических) размещения и (или) реализации планируемой деятельности, включая отказ от ее реализации (нулевая альтернатива).

5. Оценку существующего состояния окружающей среды, социально-экономических и иных условий на территории РБ и затрагиваемых сторон в случае возможного значительного вредного трансграничного воздействия планируемой деятельности.

6. Описание основных источников и возможных видов воздействия на окружающую среду каждого из альтернативных вариантов размещения и (или) реализации планируемой деятельности.

7. Прогноз и оценку изменения состояния окружающей среды и социально-экономических условий в результате реализации каждого из альтернативных вариантов планируемой деятельности. При этом учитываются существующие источники воздействия в зоне влияния планируемой деятельности и особенности состояния окружающей среды.

8. Описание мер по улучшению социально-экономических условий и предотвращению, минимизации или компенсации значительного вредного воздействия на окружающую среду в результате реализации альтернативных вариантов планируемой деятельности.

9. Прогноз возникновения вероятных чрезвычайных и запроектных аварийных ситуаций и оценку их последствий, описание мер по предупреждению таких ситуаций, реагированию на них, ликвидации их последствий.

10. Обоснование выбора приоритетного варианта размещения и (или) реализации планируемой деятельности из всех рассмотренных альтернативных вариантов.

11. Информацию (в виде отдельных разделов) об оценке возможного значительного вредного трансграничного воздействия каждого из альтернативных вариантов размещения и (или) реализации планируемой деятельности на окружающую среду каждой из затрагиваемых сторон и о предполагаемых мерах по его предотвращению, минимизации или компенсации.

12. Описание программ локального мониторинга окружающей среды и после проектного анализа (при его необходимости).

13. Основные выводы по результатам проведения оценки воздействия.

14. Оценку достоверности прогнозируемых последствий реализации планируемой деятельности с указанием выявленных при проведении оценки воздействия неопределенностей.

В случае возможного значительного вредного трансграничного воздействия планируемой деятельности затрагиваемыми сторонами проводятся общественные обсуждения на их территории отчета об ОВОС. По инициативе затрагиваемых сторон в общественных обсуждениях на территории затрагиваемых сторон от РБ принимают участие представители заказчика и проектной организации, а также при необходимости – представители Министерства ПриООС.

Министерство ПриООС в течение 3 рабочих дней направляет копию замечаний и предложений по отчету об ОВОС (при их наличии), полученных от затрагиваемых сторон, заказчику и разработчику ОВОС для подготовки ответов на них.

По инициативе каждой из затрагиваемых сторон на их территории либо по договоренности сторон на территории РБ проводятся консультации по полученным от них замечаниям и предложениям по отчету об ОВОС. В указанных консультациях от РБ принимают участие представители Министерства ПриООС, заказчика и разработчика ОВОС.

К отчету об ОВОС прилагаются:

- документация в соответствии с частью пятой статьи 12 Закона РБ «О государственной экологической экспертизе»;
- результаты общественных обсуждений и консультаций, в том числе:
- уведомление об общественных обсуждениях и объявление о проведении собрания по обсуждению отчета об ОВОС (публикация в средствах массовой информации, размещение в глобальной компьютерной сети Интернет);
- протокол общественных обсуждений с указанием количества участников общественных обсуждений в разрезе административно-территориальных единиц (районов);
- протокол собрания по обсуждению отчета об ОВОС с указанием количества участников собрания (в случае проведения собрания по обсуждению отчета об ОВОС);
- протоколы консультаций с затрагиваемыми сторонами, замечания и предложения по отчету об ОВОС, поступившие от затрагиваемых сторон по результатам общественных обсуждений и консультаций, и ответы на них.

Порядок и процедура проведения общественных обсуждений определены Положением о порядке проведения оценки воздействия на окружающую среду.

Дополнительно к отчету об ОВОС могут прилагаться иные материалы, иллюстрирующие полноту проведенной оценки воздействия.

После этого разработчиком ОВОС дорабатывается отчет с внесением замечаний и предложений с учетом общественного обсуждения, в том числе в контексте возможного трансграничного воздействия, который с соответствующей документацией передается на государственную экологическую экспертизу в Минприроды в составе проектной документации.

При разработке проектной документации учитываются все выводы и предложения отчета об ОВОС. На следующих стадиях проектирования проектные решения в части использования природных ресурсов и охраны окружающей среды должны соответствовать выводам и предложениям отчета об ОВОС, в противном случае требуется повторное проведение процедуры ОВОС.

12.6. Экологическая экспертиза проектов

Одним из основных направлений защиты окружающей природной среды от техногенной деятельности является *экологическая экспертиза проектной документации на строительство и реконструкцию хозяйственных объектов.*

Экологическая экспертиза – это проверка соответствия проектных решений планируемой хозяйственной и иной деятельности требованиям законодательства Республики Беларусь об охране окружающей среды.

В соответствии с «Инструкцией об организации проведения государственной экспертизы градостроительных, архитектурных и строительных проектов обоснования инвестирования в строительство», утвержденной Постановлением Государственного комитета по стандартизации РБ 17.12.2008 г. № 63 экологическая экспертиза в зависимости от значимости и сложности объектов строительства проводится в форме государственной экологической, осуществляемой органами Министерства ПриООС, и экологической, осуществляемой органами Главстройэкспертизы.

Государственная экологическая экспертиза (ГЭЭ) в Республике Беларусь является обязательным элементом процесса планирования, проектирования и принятия решений по вопросам социально-экономического развития регионов и страны в целом.

ГЭЭ в соответствии с Законом РБ 09.11.2009 г. № 54-3 «О государственной экологической экспертизе» *проводится с соблюдением следующих основных принципов:*

- предотвращения вредного воздействия на окружающую среду;
- обязательности проведения государственной экологической экспертизы до утверждения проектной или иной документации по объектам государственной экологической экспертизы;
- учета суммарного вредного воздействия на окружающую среду осуществляемой и планируемой хозяйственной и иной деятельности;
- достоверности и полноты информации, содержащейся в проектной и иной документации, предоставляемой на государственную экологическую экспертизу;
- законности и объективности заключений государственной экологической экспертизы;
- гласности и учета общественного мнения.

Порядок проведения ГЭЭ, перечень объектов и материалов, подлежащих этому виду экспертизы, определяется Положением о порядке проведения государственной экологической экспертизы, утвержденным Постановлением Совета Министров РБ 19.05. 2010 г. № 755 «О некоторых мерах по реализации Закона РБ от 09.11.2009 г. «О государственной экологической экспертизе».

В материалах, предоставляемых на ГЭЭ, должны присутствовать результаты общественных слушаний по рассматриваемому объекту.

По результатам проведения ГЭЭ составляется Заключение ГЭЭ, которое может быть как положительным, так и отрицательным.

Исполнение условий Заключения ГЭЭ является обязательным для Генпроектировщика и Заказчика.

В случае получения отрицательного заключения ГЭЭ заказчик и (или) проектная организация обязаны изменить проектное решение с учетом замечаний данного заключения и предоставить его на повторное согласования в органах ГЭЭ в том случае, если заказчик планируемой хозяйственной деятельности не отказывается от ее реализации.

Утверждение проектной и иной документации другими согласующими министерствами и ведомствами, а также финансирование и реализация проектных решений без положительного заключения ГЭЭ запрещаются, если иное не установлено Президентом РБ.

Контроль за выполнением требований ГЭЭ осуществляет Министерство ПриОС и его территориальные органы.

При неисполнении заказчиком требований ГЭЭ органы экологического надзора могут приостановить дальнейшие работы (проектирование, строительство, эксплуатацию); потребовать у соответствующих структур приостановки финансирования этой деятельности; передавать материалы в следственные органы для привлечения к ответственности лиц, виновных в невыполнении требований заключения ГЭЭ.

Проекты и действующие производства, подвергающиеся ГЭЭ, могут сопровождаться *общественной экологической экспертизой*.

Общественная экологическая экспертиза – установление соответствия или несоответствия проектной документации требованиям законодательства об охране окружающей среды и рациональном использовании природных ресурсов, осуществляемое по заявлению инициатора.

Инициаторами общественной экологической экспертизы (далее – инициаторы) являются зарегистрированные в РБ общественные объединения, осуществляющие деятельность в области охраны окружающей среды, и (или) граждане РБ, вносящие предложения о проведении общественной экологической экспертизы проектной документации по планируемой хозяйственной и иной деятельности, которая является объектом общественной экологической экспертизы.

Для проведения общественной экологической экспертизы в качестве инициаторов привлекаются специалисты, имеющие соответствующую квалификацию и опыт работы в той области знаний, в которой будет проводиться экспертиза.

Общественная экологическая экспертиза может проводиться одним специалистом или группой специалистов, созданной инициатором.

Объектом общественной экологической экспертизы является следующая проектная документация:

- градостроительные проекты общего планирования, специального планирования, детального планирования, архитектурные проекты застройки территорий;

- обоснования инвестирования в строительство, архитектурные и строительные проекты, для которых в соответствии с частью первой ст. 13 Закона РБ «О государственной экологической экспертизе» требуется проведение оценки воздействия на окружающую среду (за исключением текущего и капитального ремонта таких объектов).

Субъектами общественной экологической экспертизы являются:

- ее инициаторы;
- специалисты, которые ее проводят;
- заказчик(и) планируемой хозяйственной и иной деятельности.

Порядок проведения общественной экологической экспертизы определяется Положением о порядке проведения общественной экологической экспертизы, утвержденным Постановлением Совета Министров РБ 29.10.2010 г. № 1592.

Для проведения общественной экологической экспертизы проектной документации инициаторы в течение 10 рабочих дней со дня опубликования в средствах массовой информации уведомления об общественных обсуждениях направляют заказчику заявление о намерении проведения общественной экологической экспертизы (Заявление).

Заявления, поступившие по истечении этого срока, не рассматриваются.

В случае поступления заявлений по одному объекту общественной экологической экспертизы от двух и более инициаторов, заказчик в течение 5 рабочих дней по истечении срока подачи Заявления информирует всех инициаторов о дате, времени и условиях предоставления проектной документации.

Заказчик обеспечивает предоставление инициаторам проектной документации на общественную экологическую экспертизу в том же составе, что и для проведения ГЭЭ, за исключением информации, распространение и (или) представление которой ограничено или запрещено законодательством. Заказчик обязан передать проектную документацию в срок не позднее 20 рабочих дней со дня поступления Заявления.

Проектная документация может предоставляться инициаторам за плату в соответствии с пунктом 8 ст. 4 Конвенции о доступе к информации, участии общественности в процессе принятия решений и доступе к правосудию по вопросам, касающимся окружающей среды, подписанной в г. Орхус 25.06.1998 г.

Передача проектной документации заказчиком инициаторам и инициаторами заказчику оформляется актом приемки-передачи по форме согласно приложению.

Обязанность инициаторов и специалистов:

- обеспечивать сохранность проектной документации, полученной для проведения общественной экологической экспертизы;
- не разглашать информацию, полученную при ее проведении, распространение которой ограничено или запрещено в соответствии с законодательством об авторском праве, государственных секретах, об информации и информатизации, а также с иным законодательством, за исключением проектной документации, которая представляется для общественного обсуждения.

Инициатор в течение 7 рабочих дней после получения от заказчика проектной документации обязан опубликовать в тех же средствах массовой информации, в которых было опубликовано уведомление об общественных обсуждениях проекта ОВОС, сообщение о проведении общественной экологической экспертизы.

В сообщении должны содержаться:

- название объекта общественной экологической экспертизы, его планируемое местоположение и предполагаемые сроки реализации;
- наименование (фамилию, имя, отчество), почтовый адрес, адрес электронной почты и контактный телефон инициатора;
- предполагаемые сроки проведения общественной экологической экспертизы;
- сведения об экспертах, привлеченных к участию в проведении общественной экологической экспертизы;
- почтовый адрес, адрес электронной почты и контактный телефон для направления общественностью замечаний и предложений по объекту общественной экологической экспертизы.

По усмотрению инициаторов сообщение может содержать и иные сведения.

Заказчик может предоставлять инициатору и специалистам разъяснения по вопросам, возникающим при проведении общественной экологической экспертизы, и предоставлять для работы специалистов, помещение и компьютеры в течение рабочего времени на весь период проведения общественной экологической экспертизы.

Срок проведения общественной экологической экспертизы не должен превышать одного месяца со дня представления заказчиком инициаторам проектной документации.

Результаты общественной экологической экспертизы оформляются специалистами в виде заключения общественной экологической экспертизы по проектной документации.

Каждый специалист имеет право излагать свое особое мнение по объекту общественной экологической экспертизы, которое прилагается к заключению.

Заключение состоит из следующих частей:

1 часть «Вступительная» – излагаются данные о наименовании и местоположении объекта общественной экологической экспертизы; сведения об инициаторе (наименование (фамилия, имя, отчество), почтовый адрес и адрес электронной почты, контактный телефон); информация о квалификации, стаже работы каждого специалиста в той области знаний, по которой он проводил экспертизу; указывается период проведения общественной экологической экспертизы.

2 часть «Констатирующая» – дается краткая характеристика планируемой деятельности; оценка ее воздействия на окружающую среду (по компонентам); мер, направленных на предотвращение и уменьшение этого воздействия, с учетом обеспечения требований экологической безопасности, охраны окружающей среды, рационального природопользования.

3 часть «Заключительная» – дается обобщенная оценка объекта общественной экологической экспертизы; описываются выявленные при общественной экологической экспертизе неопределенности и пробелы в проектной документации; рекомендации, замечания и предложения о совершенствовании мер по снижению возможного вредного воздействия объекта общественной экологической экспертизы на окружающую среду (при их наличии); приводятся аргументированные выводы о соответствии (несоответствии) проектных решений по объекту общественной экологической экспертизы требованиям законодательства об охране окружающей среды и рациональном природопользовании.

В случае выявления специалистами несоответствия каких-либо проектных решений по объекту общественной экологической экспертизы требованиям законодательства об охране окружающей среды и рациональном природопользовании в выводах заключения указываются положения (требования) нормативных правовых актов, которым не соответствуют проектные решения, и дается разъяснение по каждому выявленному несоответствию.

4 часть «Выводы и предложения».

Заключение подписывается специалистами, проводившими общественную экологическую экспертизу проектной документации, и оформляется в четырех экземплярах.

Заключение направляется инициатором заказчику, специально уполномоченному органу, проводящему ГЭЭ проектной документации, местным исполнительным и распорядительным органам, а также копии заключения могут направляться иным заинтересованным лицам.

При наличии замечаний, предложений и рекомендаций по намечаемой деятельности, содержащихся в заключении, заказчик готовит аргументированный ответ по всем замечаниям с учетом при необходимости результатов и выводов общественной экологической экспертизы при доработке проектной документации до представления ее на ГЭЭ.

Несмотря на то, что заключение носит рекомендательный характер, оно прилагается к проектной документации, представляемой на ГЭЭ, и рассматривается органом, уполномоченным ее проводить, при подготовке заключения государственной экологической экспертизы.

Государственная экологическая экспертиза предшествует государственной экспертизе градостроительных, архитектурных и строительных проектов обоснования инвестирования в строительство или может проводиться параллельно.

Государственная экспертиза проектных решений осуществляется органами Госстройэкспертизы в рамках государственной экспертизы градостроительных, архитектурных и строительных проектов, а также обоснований инвестирования в строительство.

Основной задачей государственной экспертизы является установление:

- соответствия представленных материалов Закону РБ «Об архитектурной, строительной и градостроительной деятельности в РБ»;

- наличия и анализа исходных данных на разработку проектно-сметной документации;
- полноты и достаточности разработанной документации, согласно законодательству и нормативным требованиям в области охраны окружающей среды и экологической безопасности, заданию на проектирование Заказчика, архитектурно-планировочному заданию (АПЗ), техническим условиям и т.д.;
- полноты и обоснованности выданных данных на проектирование;
- наличия, уровня и эффективности прогрессивных проектных ресурсосберегающих решений и мероприятий;
- возможности использования природных ресурсов, предотвращения загрязнения окружающей среды, предупреждения аварийных ситуаций и ликвидации их последствий;
- эффективности технических решений и технико-экономических показателей природоохранных мероприятий.

Порядок проведения государственной экспертизы, перечень материалов и объектов, подлежащих этому виду экспертизы, определяется Инструкцией об организации проведения государственной экспертизы градостроительных, архитектурных и строительных проектов, обоснований инвестирования в строительство, утвержденной Постановлением Государственного комитета по стандартизации РБ 17.12.2008 г. № 63.

Государственная экспертиза является платной и проводится в рамках соответствующего хозяйственного договора. Плательщиком является Заказчик проектно-сметной документации. С целью ускорения сроков разработки обоснований инвестирования в строительство, проектно-сметной документации, предотвращения непроизводительных финансовых и трудовых затрат из-за возможных недоработок и просчетов на предпроектной стадии и при разработке проектно-сметной документации орган государственной экспертизы может осуществлять на договорных условиях экспертное сопровождение разработки проекта в счет стоимости проектно-изыскательских работ.

По результатам проведения государственной экспертизы составляется экспертное заключение, в которое экологическая экспертиза входит одним из разделов. Порядок оформления экспертного заключения устанавливается Государственным комитетом по стандартизации. Экспертное заключение может быть положительным или отрицательным. В случае получения отрицательного заключения заказчик обязан в установленные сроки внести все изменения и исправления в проектно-сметную документацию и повторно пройти процедуру государственной экспертизы.

Проведение строительных работ запрещается при отсутствии у заказчика положительного заключения государственной экспертизы.



Тема 13. ПРАВОВЫЕ ОСНОВЫ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

13.1. Государственная политика Республики Беларусь в области охраны окружающей среды

В Республике Беларусь *основным направлением государственной политики в области охраны окружающей среды является осуществление прав граждан республики на благоприятную для жизнедеятельности среду обитания, прав будущих поколений на пользование природно-ресурсным потенциалом без снижения комфортности существования и права на компенсацию ущерба, нанесенного здоровью или имуществу граждан в результате изменения качества окружающей среды.* Документом, обеспечивающим права граждан на безопасную среду обитания, является Конституция РБ (ст. 34, 44, 45, 46, 55).

Основные направления государственной экологической политики определены Концепцией государственной политики РБ в области охраны окружающей среды, утвержденной Верховным Советом РБ 06.09.1995 г., Национальной стратегией устойчивого социально-экономического развития РБ на период до 2020 г. (НСУР-2020), Стратегией в области охраны окружающей среды РБ на период до 2020 г., Водной стратегией РБ на период до 2020 г., закреплены в законе «Об охране окружающей среды» и других законодательных актах.

Кроме того, в Концепции национальной безопасности РБ, утвержденной Указом Президента РБ 09.11.2010 г. № 575, указывается, что *основными национальными интересами в экологической сфере* являются:

- обеспечение экологически благоприятных условий жизнедеятельности граждан;
- преодоление негативных последствий радиоактивного загрязнения территории страны и иных чрезвычайных ситуаций, реабилитация экологически нарушенных территорий;
- устойчивое природно-ресурсное обеспечение социально-экономического развития страны;
- рациональное использование природно-ресурсного потенциала, сохранение биологического и ландшафтного разнообразия, экологического равновесия природных систем;
- содействие поддержанию глобального и регионального экологического равновесия.

Основные источники угроз национальной безопасности страны заключаются в следующем:

- деградация земель, лесов и природных комплексов, истощение минерально-сырьевых, водных и биологических ресурсов;
- радиоактивное, химическое и биологическое загрязнение почв, земель, вод, недр, растительности и атмосферы;
- высокая концентрация на территории республики экологически опасных объектов, их размещение вблизи жилых зон и систем жизнеобеспечения;

- образование больших объемов отходов производства и потребления при низкой степени их вторичного использования, повышенные уровни выбросов и сбросов загрязняющих веществ;

- недостаточное развитие правовых и экономических механизмов обеспечения экологической безопасности, систем учета природных ресурсов, мониторинга чрезвычайных ситуаций и качества окружающей среды;

- глобальное изменение окружающей природной среды, трансграничный перенос загрязняющих веществ на территорию страны;

- размещение вблизи границ крупных экологически опасных объектов, захоронение ядерных отходов на сопредельных территориях.

Основополагающими принципами государственной политики в области охраны окружающей среды являются:

- государственная собственность на все виды природных ресурсов, которая предусматривает возможность передачи их в соответствии с существующим законодательством в постоянное либо временное пользование отдельным юридическим и физическим лицам. Однако земля, как особый вид природных ресурсов, может находиться как в государственной, так и в частной собственности;

- охрана окружающей среды, объектов живой и неживой природы на всей территории республики в сочетании с созданием системы особо охраняемых территорий, полностью либо частично выведенных из хозяйственного оборота в природоохранных целях;

- законодательно обеспеченная, финансируемая из государственного бюджета система государственного контроля за состоянием окружающей среды, охраной и использованием природных ресурсов, качеством продуктов питания, безопасностью промышленной и сельскохозяйственной продукции для окружающей среды и здоровья населения с обязательным разделением по всем звеньям системы контрольных и природопользовательских функций;

- законодательно обеспеченная система государственной экологической экспертизы проектируемых, строящихся и действующих хозяйственных объектов, подтвержденная экономической и правовой ответственностью за невыполнение ее требований или игнорирование ее проведения;

- привлечение к делу охраны окружающей среды и контроля за ее состоянием широких слоев населения, общественных организаций и движений; поддержка на государственном уровне общественных организаций и движений, занимающихся проблемами охраны живой и неживой природы, здоровья человека и качества окружающей среды;

- экономический механизм обеспечения охраны окружающей среды;

- система мер уголовной и административной ответственности за нарушение природоохранного законодательства при условии обязательного возмещения ущерба, нанесенного здоровью граждан или их имуществу за счет нарушителя;

- совершенствование законодательной базы, системы возмещения потерь виновными в загрязнении окружающей среды на внутригосударственном и международном уровнях;

- участие в решении глобальных экологических проблем.

Кроме того, широко практикуется разработка и реализация программ и комплексных проектов по решению конкретных задач охраны окружающей среды (развитие сети особо охраняемых природных территорий, защита населения от последствий катастрофы на ЧАЭС, программа «Здоровье», программы «Энергосбережение», «Ресурсосбережение» и др.).

Большое значение для экологизации производства имеет внедрение систем стандартов ИСО серии 14 000 в области управления окружающей средой.

Одним из направлений государственной политики является обеспечение населения информацией о состоянии природной среды и принимаемых соответствующими министерствами и ведомствами мерах по ее оздоровлению. Оперативная информация о состоянии природной среды обычно доводится до населения средствами массовой информации, а также через ведомственные издания.

13.2. Национальная стратегия устойчивого развития страны

В настоящее время человечество столкнулось с противоречиями между растущими потребностями мирового сообщества и невозможностью биосферы их обеспечить. Богатства природы, ее способность поддерживать развитие общества и возможности ее самовосстановления оказались безграничными. Возросшая мощь экономики стала разрушительной силой для биосферы и человека. Возникла реальная угроза жизненно важным интересам будущих поколений человечества. Например, согласно многочисленным компьютерным моделям развития общества, разведанных энергоресурсов человечеству хватит не более чем на 110-120 лет.

Выход из сложившегося положения возможен только в рамках устойчивого (стабильного) социально-экономического развития, восстанавливающего естественные экосистемы до уровней, гарантирующих их стабильность.

Под устойчивым развитием следует понимать глобально управляемое развитие всего мирового сообщества с целью сохранения биосферы и существования человечества, его непрерывного развития. Устойчивым может быть только мировое сообщество в целом, т.к. биосфера и ноосфера – это единый организм планеты Земля.

Устойчивое развитие – это такое развитие, при котором удовлетворение нужд нынешнего поколения происходит без ущемления возможностей будущих поколений удовлетворять свои потребности. В социально устойчивом обществе запасы капитала, уровень технологий и численность населения должны обеспечивать достаточный и гарантированный материальный уровень жизни для всех.

При управлении процессом перехода к устойчивому развитию общества, определенного в 1987 г. Международной комиссией по окружающей среде (МКООР), в качестве целевых и лимитирующих параметров в экологической сфере принимаются уровни удельного (на душу населения) и единицу валового

национального продукта (ВНП) потребления энергии и других ресурсов, образования выбросов, сбросов и отходов, а также показатели качества атмосферы, вод, территорий.

С другой стороны, основным показателем качества жизни человека является продолжительность его жизни, которая, в свою очередь, зависит от объема валового внутреннего продукта на душу населения в стране и энергообеспеченности (таблица 13.1).

Таблица 13.1 – Показатели качества жизни некоторых стран (на 2010 г.)

Страна	Энергообеспеченность, кВт-ч/чел	Продолжительность жизни, лет		ВВП на душу населения, долл. США/чел.
		муж.	жен.	
США	12170	70,6	77,7	17500
Германия	7420	69,4	75,9	12080
Франция	6661	70,6	78,1	10740
Страны бывшего СССР	5856	68,0	74,4	4780
Аргентина	1601	66,7	73,3	2350
Пакистан	358	53,4	51,7	350
Кения	134	53,7	58,2	300

Как видно из таблицы, продолжительность жизни населения различных по уровню развития стран пропорциональна удельным показателям энергообеспеченности и ВВП. Ряд стран с высоким уровнем энергообеспеченности, такие как Норвегия – 25 083, Швеция – 17 130, Исландия – 18 221 кВт-ч/чел., характеризуются еще большей продолжительностью жизни населения (75-78 лет). Таким образом, при повышении энергообеспеченности страны, возрастает ВВП, что обеспечивает улучшение качества жизни и соответственно увеличивает продолжительность жизни людей.

За последние 100 лет в масштабах всей планеты постепенно сформировалось понимание, что уже сейчас настало время коренным образом изменять свое отношение к биосфере, ее ресурсам, а также начинать борьбу за их сохранение и восстановление. В противном случае человек как биологический вид может просто исчезнуть с лица Земли.

Мировым сообществом разработаны программные международные документы, которые должны обеспечить устойчивость глобального социально-экономического развития и сохранения качеств окружающей среды, ее ресурсов. Это, прежде всего, «Повестка дня на XXI век» (Рио-де-Жанейро, 1992), а также ряд Конвенций и Протоколов по защите и охране окружающей среды.

Необходимость устойчивого развития актуальна и для нашей республики, экономика которой долгое время являлась составной частью экономики бывшего СССР, имела и имеет чрезвычайно высокую зависимость от поставок энергоносителей, сырья и иных жизненно важных производственных ресурсов из других стран и, прежде всего, из России.

Большая роль в государственной политике в области охраны окружающей среды отводится формированию целостной системы планирования соответствующих мероприятий.

Наиболее масштабным документом в этом плане на сегодняшний день является Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития РБ на период до 2020 г. (НСУР-2020).

НСУР-2020 разработана в соответствии с Законом РБ «О государственном прогнозировании и программах социально-экономического развития Республики Беларусь».

Впервые НСУР РБ была разработана и одобрена Правительством страны в 1997 г. (НСУР-97). Она основывалась на идейных принципах и методологических подходах «Повестки дня на XXI век», определенных Конференцией ООН по окружающей среде и развитию (Рио-де-Жанейро, 1992).

НСУР-2020 учла изменения, произошедшие в стране и мире за последние годы, а также важнейшие программные документы, принятые в РБ, новые международные соглашения, в том числе Декларацию тысячелетия Организации Объединенных Наций, принятую Генеральной Ассамблеей 08.09.2000 г., Политическую декларацию и План выполнения решений Всемирной встречи на высшем уровне по устойчивому развитию в Йоханнесбурге (сентябрь 2002 г.) и др.

В НСУР-2020 дальнейшее развитие получили основные положения действующих прогнозных документов, таких как Комплексный прогноз научно-технического прогресса на 2001-2020 гг., Программа развития промышленного комплекса РБ на 1998-2015 гг., Программа структурной перестройки и повышения конкурентоспособности экономики РБ, Концепция национальной безопасности РБ и других государственных целевых и отраслевых программ.

В НСУР-2020 главное внимание уделено особенностям прогнозного периода, дальнейшей реализации «Повестки дня на XXI век», гармонизации социального, экономического и экологического развития как равноценных взаимодополняющих составляющих в едином сбалансированном комплексе «человек–окружающая среда–экономика».

Учитывая опыт реализации НСУР-97, «Повестки дня на XXI век», Итоговых документов Всемирного саммита в Йоханнесбурге, национальная стратегия строится на следующих *принципах устойчивого развития*:

- человек – цель прогресса;
- уровень человеческого развития – мера зрелости общества, государства, его социально-экономической политики;
- повышение уровня благосостояния нации, преодоление бедности, изменение структур потребления;
- приоритетное развитие систем здравоохранения, образования, науки, культуры – важнейших сфер духовной жизни общества, факторов долгосрочного роста производительной, творческой активности народа, эволюции народного хозяйства;

- улучшение демографической ситуации, содействие устойчивому развитию поселений;
- переход на природоохранный, ресурсосберегающий, инновационный тип развития экономики;
- усиление взаимосвязи экономики и экологии, формирование эколого-ориентированной экономической системы, развитие ее в пределах хозяйственной емкости экосистем;
- рациональное природопользование, предполагающее нерасточительное расходование возобновляемых и максимально возможное уменьшение потребления невозобновляемых ресурсов, расширение использования вторичных ресурсов, безопасную утилизацию отходов;
- развитие международного сотрудничества и социального партнерства в целях сохранения, защиты и восстановления экосистем;
- экологизация мировоззрения человека, систем образования, воспитания, морали с учетом новых цивилизационных ценностей;
- ведущая роль государства в осуществлении целей и задач устойчивого развития, совершенствование систем управления, политических механизмов принятия и реализации решений;
- повышение скоординированности и эффективности деятельности государства, частного бизнеса и гражданского общества.

Указанные принципы служат идейными ориентирами, методологическим каркасом построения НСУР-2020 и ее разделов.

Переход к устойчивому развитию потребует скоординированных действий во всех сферах жизни общества, адекватной переориентации социальных, экономических и экологических институтов государства, регулирующая роль которого в таких преобразованиях будет определяющей.

13.3. Государственное управление и контроль в области охраны окружающей среды

Государственное управление в области охраны окружающей среды осуществляется Президентом РБ, Советом Министров РБ, Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь и его территориальными органами, иными специально уполномоченными республиканскими органами государственного управления и их территориальными органами, местными Советами депутатов, исполнительными и распорядительными органами в пределах их компетенции.

Президент РБ, являясь главой государства, на основе и в соответствии с Конституцией РБ издает декреты, указы, распоряжения по вопросам охраны окружающей среды, имеющие обязательную силу на всей территории страны. Непосредственно или через создаваемые им органы осуществляет контроль за соблюдением природоохранного законодательства.

Правительство -- Совет Министров РБ – осуществляет исполнительную власть в государстве, реализует государственную экологическую политику, разработку и исполнение государственных экологических программ и крупных природоохранных мероприятий, координирует деятельность в области охраны окружающей среды и природопользования министерств и иных республиканских органов государственного управления, осуществляет международное сотрудничество в этой области.

Местные исполнительные и распорядительные органы – областные, районные, городские, поселковые, сельские исполнительные комитеты – несут ответственность за состояние окружающей среды на соответствующих территориях, выполнение государственных экологических программ и иных природоохранных мероприятий; разрабатывают и утверждают местные программы охраны природы, организуют их выполнение, обеспечивают их материально-техническое снабжение.

Перечисленные выше государственные органы управления – это *органы управления общей компетенции*.

Иными специально уполномоченными государственными органами управления (органами специальной компетенции) в рамках своего направления деятельности являются:

- Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды;
- Министерство здравоохранения;
- Министерство по чрезвычайным ситуациям;
- Министерство лесного хозяйства;
- Министерство внутренних дел;
- Управление делами Президента РБ;
- Государственный таможенный комитет;
- Департамент по гидрометеорологии Министерства ПРиООС;
- Комитет по земельным ресурсам, геодезии и картографии.

Республиканским органом государственного управления и контроля является Министерство ПРиООС. Главные его задачи определены Положением о министерстве:

- разработка и проведение единой государственной политики в области охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов;
- комплексное управление природоохранной деятельностью в республике, координация работы в этом направлении других республиканских органов государственного управления и юридических лиц;
- организация государственного контроля в области охраны окружающей среды и природопользования;
- осуществление международного сотрудничества и др.

Контроль является важнейшей правовой мерой обеспечения рационального использования природных ресурсов, выполняющий предупредительную, информационную и карательную функции.

Задачами контроля являются выявление, пресечение и предупреждение совершенных физическими и юридическими лицами нарушений норм экологической безопасности и охраны окружающей среды.

В области охраны окружающей среды осуществляется *государственный, ведомственный, производственный и общественный контроль*.

Государственный контроль осуществляется Министерством ПРиООС, а также вышеуказанными специально уполномоченными органами, наделенными правами государственного контроля.

Ведомственный контроль осуществляется органами государственного управления либо организациями в целях проверки соблюдения подчиненными им юридическими лицами экологического законодательства, выполнения отраслевых программ и мероприятий по рациональному использованию природных ресурсов и охраны окружающей среды, а также исполнения предписаний Министерства ПРиООС и других органов.

Производственный контроль должны осуществлять все юридические лица и индивидуальные предприниматели, если их хозяйственная и иная деятельность оказывает воздействие на окружающую среду.

Общественный контроль производится общественными инспекторами охраны природы, общественными объединениями, осуществляющими свою деятельность в области охраны окружающей среды, а также гражданами в соответствии с законодательством РБ. Возможность участия общественности в принятии экологически значимых решений закреплена на международно-правовом уровне Конвенцией о доступе к информации, участии общественности в процессе принятия решений и доступе к правосудию по вопросам, касающимся окружающей среды (Орхусской), утвержденной Указом Президента РБ от 14.12.1998 г. Причем понятие «общественность» Орхусская конвенция определяет как «одно или более чем одно физическое или юридическое лицо». Таким образом, граждане могут осуществлять общественный контроль в области охраны окружающей среды как единолично, так и путем объединения группы лиц без специальной регистрации и обретения правосубъектности.

Аналитический (лабораторный) контроль является составной частью всех видов контроля. Он проводится для оценки количественных и качественных характеристик выбросов в атмосферный воздух и сбросов в поверхностные и подземные воды загрязняющих веществ, а также загрязнения земель (включая почвы) и состава отходов.

Аналитический контроль, который проводится в рамках государственного контроля, является государственным аналитическим контролем. Как правило, он проводится Министерством ПРиООС и его территориальными органами.

Ведомственный аналитический контроль осуществляется министерствами, ведомствами, объединениями за счет собственных средств.

Производственный аналитический контроль осуществляется юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями самостоятельно, а также за счет собственных средств.

Общий государственный надзор за соблюдением законодательства осуществляется Прокуратурой Республики Беларусь. Споры, возникающие при рассмотрении дел по нарушению законодательства, разрешаются судами в установленном законодательством порядке.

13.4. Законодательные и иные нормативные правовые акты по охране окружающей среды

13.4.1. Основные положения законодательства

Задачами законодательства Республики Беларусь об охране окружающей среды являются: обеспечение безопасного для жизни и здоровья людей состояния окружающей среды; предотвращение вредного воздействия на окружающую среду хозяйственной или иной деятельности; регулирование отношений в области охраны, использования и воспроизводства природных ресурсов; сохранение природных ресурсов, генетического фонда живой природы; охрана естественных богатств, природного окружения, ландшафтов и других природных комплексов.

Законодательство в области охраны окружающей среды определяет права и обязанности организаций, учреждений, общественных объединений и граждан по обеспечению условий безопасного проживания на территории республики, а также гарантии государства прав граждан на здоровую и благоприятную для жизни окружающую среду; компетенцию специально уполномоченных государственных и иных органов в области охраны окружающей среды; лимиты на пользование природными ресурсами; платежи за пользование природными ресурсами; экологические требования к хозяйственной и иной деятельности; особенности контроля и надзора в области охраны окружающей среды, а также ответственность природопользователей за нарушение природоохранного законодательства.

Объектами природы, подлежащими охране, являются как вовлеченные, так и неиспользуемые напрямую, либо в данный период времени, виды природных ресурсов, к которым относятся: климатические ресурсы, атмосфера (включая озоновый слой); земля и ее недра, почва; воды (поверхностные, подземные, почвенная влага); растительный и животный мир в их видовом разнообразии во всех сферах обитания и произрастания; типичные и редкие ландшафты, а также иные природные объекты как компоненты экологических систем в биосфере.

Учитывая сложность экологического законодательства, а также большое количество других действующих в этой области нормативных документов, необходимо четко представлять систему нормативно-правового обеспечения охраны окружающей среды. Это особенно может быть важным при рассмотрении экологических проступков в судебных органах.

В соответствии с Законом РБ «О нормативных правовых актах Республики Беларусь» к *нормативным правовым актам (НПА)* относятся *официальные документы установленной формы, содержащие общеобязательные правила поведения, рассчитанные на неопределенный круг лиц и неоднократное применение*. Все действующие НПА приведены в единую систему, характеризующуюся внутренней согласованностью и обеспечивающую правовое регулирование общественных отношений путем определения их иерархии. Основой иерархии во всей системе законодательства является юридическая сила НПА.

В РБ определена следующая *иерархия НПА*:

- *Конституция РБ* – основной Закон РБ, имеющий высшую юридическую силу и закрепляющий основополагающие принципы и нормы правового регулирования важнейших общественных отношений;

- *Решение референдума* – НПА, регулирующий важнейшие вопросы государственной и общественной жизни, принятый республиканским или местным референдумом;

- *Программный закон* – закон, принимаемый в установленном Конституцией РБ порядке и по определенным ею вопросам;

- *Кодекс Республики Беларусь* (кодифицированный НПА) – закон, обеспечивающий полное системное регулирование определенной области общественных отношений;

- *Закон Республики Беларусь* – НПА, закрепляющий принципы и нормы регулирования наиболее важных общественных отношений;

- *Декрет Президента РБ* – НПА Главы государства, имеющий силу закона, издаваемый в соответствии с Конституцией РБ на основании делегированных ему Парламентом законодательных полномочий либо в случаях особой необходимости (временный декрет) для регулирования наиболее важных общественных отношений;

- *Указ Президента РБ* – НПА Главы государства, издаваемый в целях реализации его полномочий и устанавливающий (изменяющий, отменяющий) определенные правовые нормы;

- *Директива Президента РБ* – указ программного характера, издаваемый Главой государства в целях системного решения вопросов, имеющих приоритетное политическое, социальное и экономическое значение;

- *Постановления палат Парламента (Национального собрания РБ)* – НПА, принимаемые палатами Парламента (Национального собрания РБ) в случаях, предусмотренных Конституцией РБ;

- *Постановление Совета Министров РБ* – НПА Правительства РБ;

- *Акты Конституционного Суда РБ, Верховного Суда РБ (постановления Пленума Верховного Суда РБ), Высшего Хозяйственного Суда РБ (постановления Пленума Высшего Хозяйственного Суда РБ), Генерального прокурора РБ и других государственных органов управления* – НПА, принимаемые в пределах их компетенции по регулированию общественных отношений, установленной Конституцией РБ.

Следует иметь в виду, что НПА вышестоящего государственного органа (должностного лица) имеет большую юридическую силу по отношению к НПА нижестоящего государственного органа (должностного лица).

Вновь принятый НПА обладает большей юридической силой по отношению к ранее принятому (изданному) по тому же вопросу НПА того же государственного органа (должностного лица).

Конституция РБ обладает высшей юридической силой. Законы, декреты, указы и иные акты государственных органов (должностных лиц) принимаются (издаются) на основе и в соответствии с Конституцией РБ.

В случае расхождения закона, декрета, указа или иного НПА с Конституцией РБ действует Конституция РБ.

Основу законодательства РБ в области охраны окружающей среды и природопользования составляют:

- Конституция РБ (ст. 34, 46, 55);

- Кодексы РБ – о земле, о недрах, водный, лесной и др.;

- Законы РБ – «Об охране окружающей среды», «Об охране атмосферного воздуха», «О государственной экологической экспертизе», «Об обращении с отходами», «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения», «О животном мире», «О возобновляемых источниках энергии», «О гидрометеорологической деятельности», «О растительном мире», «Об охране озонового слоя», «Об особо охраняемых природных территориях и объектах», «О налоге за пользование природными ресурсами (экологический налог)», «Об отходах», «О питьевом водоснабжении», «Об оценке соответствия требованиям технических нормативных актов в области технического нормирования и стандартизации», «О техническом нормировании и стандартизации», «О промышленной безопасности опасных производственных объектов», «О радиационной безопасности населения», «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера», «О здравоохранении», «О предприятиях» и др.;

- Декреты и указы Президента РБ – указы Президента РБ от 24.06. 2008 г. № 348 «О таксах для определения размера возмещения вреда, причиненного окружающей среде» с изменениями от 03.12.2010 г. № 618, а также от 24.06.2008 г. № 349 «О критериях отнесения хозяйственной и иной деятельности, которая оказывает вредное воздействие на окружающую среду, к экологически опасной деятельности» и др.

Предотвращение чрезвычайных ситуаций на территории страны регулируют Законы РБ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера», «О промышленной безопасности опасных производственных объектов», «О перевозке опасных грузов».

Правовой основой организации работ по охране окружающей среды в республике является Конституция РБ (ст. 46), которая гарантирует право граждан на благоприятную окружающую среду и на возмещение вреда, причиненного нарушением этого права. В соответствии с этой же статьей государство осуществляет контроль за рациональным использованием природных ресурсов в целях защиты и улучшения условий жизни, а также охраны и восстановления окружающей среды. В статье 55 декларируется, что охрана природной среды – долг каждого.

Систему экологического законодательства консолидирует Закон РБ «Об охране окружающей среды», в статье 3 которого определены *основные задачи законодательства Республики Беларусь в области охраны окружающей среды*:

- обеспечение благоприятной окружающей среды;
- регулирование отношений в области охраны природных ресурсов, их использования и воспроизводства;
- предотвращение вредного воздействия на окружающую среду хозяйственной и иной деятельности;

- улучшение качества окружающей среды;
- обеспечение рационального использования природных ресурсов и др.

Кроме того, Республика Беларусь является участницей более 20 международных конвенций в области охраны окружающей среды. В этой области за последнее десятилетие ею заключено более 40 международных двухсторонних и многосторонних договоров.

13.4.2. Технические нормативные правовые акты

Конкретные нормы экологической безопасности регламентируются *техническими нормативными правовыми актами (ТНПА)*. К ним относятся: технические регламенты; технические кодексы установившейся практики; стандарты, в том числе государственные стандарты РБ; стандарты организаций; технические условия; авиационные правила; зоогиgienические, ветеринарные, ветеринарно-санитарные нормы и правила; санитарные нормы, правила и гигиенические нормативы; государственные классификаторы технико-экономической информации; формы государственных статистических наблюдений и указания по их заполнению и другие документы, утвержденные в порядке, установленном законодательством РБ.

К ТНПА в области природопользования и охраны окружающей среды относятся технические регламенты, технические кодексы установившейся практики, государственные, межгосударственные и международные стандарты, строительные нормы и правила (СНиП), строительные нормы РБ (СНБ), санитарные правила и нормы (СанПиН), гигиенические нормативы (ГН), руководящие документы (РД), республиканские допустимые уровни (РДУ), правила, инструкции и др.

Технический регламент (ТР) – это ТНПА, устанавливающий непосредственно и (или) путем ссылки на технические кодексы установившейся практики или государственные стандарты РБ обязательные для соблюдения технические требования, связанные с безопасностью продукции, процессов ее разработки, производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации, а также утилизации или оказания услуг. Таким образом, технический регламент определяет требования безопасности ко всему жизненному циклу продукции.

Технический кодекс установившейся практики (ТКП) представляет собой ТНПА, содержащий основанные на результатах установившейся практики технические требования к процессам разработки, производства, эксплуатации (использования), хранения, перевозки, реализации и утилизации продукции или оказанию услуг. В настоящее время в РБ действуют более сотни ТКП, регламентирующих различные вопросы в области охраны окружающей среды.

Стандарт – это ТНПА, разработанный в процессе стандартизации на основе согласия большинства заинтересованных субъектов технического нормирования и стандартизации и содержащий технические требования к продукции, процессам ее разработки, производства, эксплуатации (использования), хранения, перевозки, реализации и утилизации или оказанию услуг.

Основные требования в области охраны окружающей среды и природопользования разработаны в специальной системе стандартов РБ, которая представляет собой комплекс взаимосвязанных стандартов, направленных на охрану окружающей среды, сохранение, восстановление и рациональное использования природных ресурсов. СТБ 17.00.00-01-2008 устанавливает основные положения этой системы, определяет основные объекты стандартизации и классификацию стандартов в области охраны окружающей среды.

Стандарты и ТКП в области охраны окружающей среды и природопользования систематизированы по блокам, представленным в таблице 13.2.

Таблица 13.2 – Классификация стандартов и ТКП в области охраны окружающей среды

Номер блока	Наименование блока	
	СТБ	ТКП
00	Организационно- методические стандарты	-
01	Общие природоохранные требования	Организационно-методические ТКП
02	Общие технические требования	Правила охраны природы и природопользования
03	Земли (в том числе почвы)	Земли (в том числе почвы)
04	Недра	Недра
05	Растительный мир	Растительный мир
06	Гидросфера	Гидросфера
07	Животный мир	Животный мир
08	Атмосферный воздух	Атмосферный воздух (в том числе озоновый слой)
09	Воздействие на климат	Климат
10	Гидрометеорологическая деятельность	Гидрометеорологическая деятельность
11	Отходы	Отходы
12	Территории	Территории
13	Аналитический контроль и мониторинг	Аналитический контроль и мониторинг
14	Продукция, процессы ее жизненного цикла или услуги	Продукция, процессы ее разработки, производства, эксплуатации (использования), хранения, перевозки, реализации и утилизации или оказание услуг, в результате которых используются природные ресурсы и оказывается воздействие на окружающую среду
15	Базы данных	Другие объекты
16	Генетически измененные организмы	-
17	Другие объекты	-

В зависимости от характера стандартизируемого объекта стандарты подразделяются на группы (таблица 13.3)

Таблица 13.3 – Классификация групп стандартов в области охраны окружающей среды

Номер группы	Наименование группы
00	Основные положения
01	Термины и определения
02	Классификация и кодификация
03	Требования к объектам стандартизации (природоохранные требования)
04	Качество окружающей среды
05	Требования к выполнению измерений
06	Требования к средствам мониторинга (контроля) загрязняющих веществ и состояния окружающей среды
07	Требования к основным средствам, предназначенным для охраны окружающей среды (оборудование, установки, устройства, аппараты, сооружения и т.д. по защите окружающей среды от загрязнений), геологической и метеорологической деятельности
08	Экологические требования к продукции
09	Программные продукты в области охраны окружающей среды
10	Прочие группы

Обозначение стандартов системы стандартов в области охраны окружающей среды и природопользования состоит из индекса (СТБ), номера системы (17) по межгосударственному классификатору, номера блока, номера группы, порядкового номера стандарта и цифр, указывающих год утверждения либо пересмотра стандарта (рисунок 13.1).

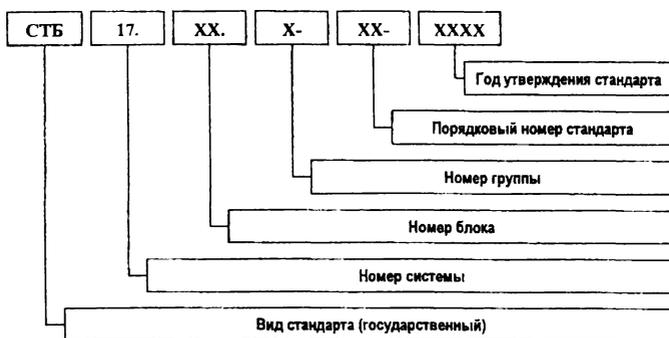
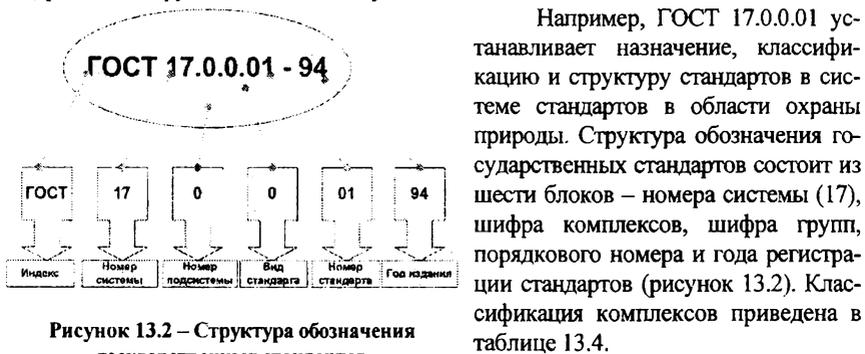


Рисунок 13.1 – Блок-схема стандартов Республики Беларусь в области охраны окружающей среды и природопользования

Кроме того, в республике действуют многие базовые стандарты в области охраны природы, принятые в годы СССР. В соответствии со статьей 1 Закона РБ «О применении на территории Республики Беларусь законодательства СССР» акты законодательства СССР применяются в случае отсутствия законодательства РБ, регламентирующего соответствующие общественные отношения.



Например, ГОСТ 17.0.0.01 устанавливает назначение, классификацию и структуру стандартов в системе стандартов в области охраны природы. Структура обозначения государственных стандартов состоит из шести блоков – номера системы (17), шифра комплексов, шифра групп, порядкового номера и года регистрации стандартов (рисунок 13.2). Классификация комплексов приведена в таблице 13.4.

Таблица 13.4 – Комплексы системы стандартов в области охраны природы

Шифр комплекса	Наименование комплекса стандартов	Кодовое наименование
0	Организационно-методические	-
1	Охраны и рационального использования вод	Гидросфера
2	Защиты атмосферы	Атмосфера
3	Рационального использования биологических ресурсов	Биологические ресурсы
4	Рационального использования почв	Почвы
5	Улучшения использования земель	Земли
6	Охраны флоры	Флора
7	Охраны фауны	Фауна
8	Охраны и преобразования ландшафтов	Ландшафты
9	Рационального использования и охраны недр	Недра

Кроме того, многие направления охраны окружающей среды регламентируются другими международными, межгосударственными и государственными НПА, ТНПА, утвержденными специально уполномоченными государственными органами, а также отраслевыми и локальными ТНПА.

Таким образом, по уровню принятия документов в области охраны окружающей среды их условно можно разделить на международные, государственные (межотраслевые), отраслевые и локальные.

К *локальным ТНПА* относятся документы в области охраны окружающей среды, разработанные непосредственно природопользователями – предприятиями и организациями (система управления окружающей средой, экологические паспорта предприятий, инструкции по производственному контролю в области охраны окружающей среды, инструкции по обращению с отходами и др.).

13.5. Права и обязанности природопользователей по охране окружающей среды

Права и обязанности природопользователей установлены Конституцией РБ, Законом РБ «Об охране окружающей среды», Водным кодексом РБ, Законами РБ «Об охране атмосферного воздуха», «Об обращении с отходами» и другими, ТНПА.

В статье 12 Закона РБ «Об охране окружающей среды» установлены следующие *основные права и обязанности граждан в области охраны окружающей среды*: «Каждый гражданин имеет право на благоприятную окружающую среду и на возмещение вреда, причиненного нарушением этого права, а также на получение, хранение и распространение полной, достоверной и своевременной информации о состоянии окружающей среды». А также граждане имеют право:

- создавать в соответствии с законодательством РБ общественные объединения, осуществляющие свою деятельность в области охраны окружающей среды, и общественные фонды охраны природы;
- обращаться в порядке, установленном законодательством РБ, в органы государственного управления, иные организации и к должностным лицам для получения полной, достоверной и своевременной информации о состоянии окружающей среды и мерах по ее охране;
- принимать участие в подготовке и обсуждении материалов по оценке воздействия на окружающую среду планируемой хозяйственной и иной деятельности;
- вносить предложения о проведении общественной экологической экспертизы и участвовать в ее проведении в порядке, установленном законодательством РБ;
- оказывать содействие государственным органам в решении вопросов охраны окружающей среды;
- осуществлять общественный контроль в области охраны окружающей среды;
- обращаться в государственные органы с жалобами, заявлениями и предложениями по вопросам, касающимся охраны окружающей среды, вредного воздействия на окружающую среду, и получать своевременные и обоснованные ответы;
- предъявлять в суд иски о возмещении вреда, причиненного их жизни, здоровью, имуществу в результате вредного воздействия на окружающую среду.

Право на благоприятную окружающую среду принадлежит гражданину от рождения и подлежит защите как личное имущественное право, не связанное с имущественным, в порядке, установленном законодательством РБ. Моральный вред, причиненный гражданину нарушением его права на благоприятную окружающую среду, подлежит компенсации в соответствии с законодательством.

К *обязанностям граждан* относятся:

- соблюдение законодательства РБ об охране окружающей среды;
- повышение экологической культуры, содействие воспитанию подрастающего поколения в этой области;

- беречь и охранять природную среду и рационально использовать природные ресурсы;
- выполнение требований в области обращения с отходами;
- выполнение требований пожарной безопасности;
- соблюдение правил охоты и рыболовства;
- выполнение требований, установленных в целях борьбы с бытовым шумом в помещениях, на улицах, во дворах, на территории садоводческих товариществ (кооперативов), в местах отдыха и иных общественных местах;
- выполнение предписаний органов и должностных лиц, осуществляющих государственный контроль в области охраны окружающей среды;
- возмещение в порядке, установленном законодательством Республики Беларусь, вреда, причиненного их действиями окружающей среде.

Законодательством РБ могут быть определены иные права и обязанности граждан в области охраны окружающей среды.

Предприятия, учреждения, организации и другие субъекты хозяйствования, деятельность которых связана с выбросами загрязняющих веществ в атмосферный воздух, вредным воздействием на него физических и иных факторов, обязаны:

- соблюдать законодательство об охране атмосферного воздуха и действующие в этой области нормы и правила;
- обеспечивать выполнение республиканских и местных программ, проектов и мероприятий по охране атмосферного воздуха;
- планировать и осуществлять мероприятия, направленные на предупреждение и ликвидацию загрязнения атмосферного воздуха;
- информировать государственные органы, осуществляющие государственный контроль в области охраны атмосферного воздуха, об аварийных ситуациях, о нарушениях технологических процессов, которые могут вызвать загрязнение атмосферного воздуха и создать угрозу здоровью населения;
- проводить обучение работников по вопросам охраны и рационального использования атмосферного воздуха;
- проводить работы по проектированию и строительству объектов, зданий и сооружений, изменению объема и профиля действующих производств, технологий и видов сырья только после получения положительного заключения государственной экологической экспертизы;
- обеспечивать контроль за объемом и составом загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферный воздух, и уровнями вредного физического и иного воздействия на него; принимать необходимые меры по соблюдению технологических процессов и выполнению требований по охране атмосферного воздуха, рациональному его потреблению;
- обеспечивать соблюдение установленных нормативов качества атмосферного воздуха на основе соблюдения технологических процессов, надежной и эффективной работы очистных сооружений, установок и средств контроля;

- производить выброс загрязняющих веществ в атмосферный воздух по разрешению, выдаваемому республиканским органом государственного управления по природным ресурсам и охране окружающей среды или его территориальными органами в пределах их компетенции;

- обеспечивать соблюдение правил транспортирования и хранения веществ и материалов с целью недопущения загрязнения ими атмосферного воздуха;

- приостанавливать или полностью прекращать производство в случае невозможности соблюдения нормативов и стандартов по охране атмосферного воздуха.

Аналогичные обязанности установлены соответствующими НПА по другим направлениям деятельности – обращению с отходами производства и потребления, водопотреблению и водоотведению, лесо- и землепользованию, использованию минеральных ресурсов и другим.

13.6. Юридическая ответственность за нарушение природоохранного законодательства

В соответствии со статьей 98 Закона РБ «Об охране окружающей среды» *правонарушениями в области охраны окружающей среды являются:*

- нарушение НПА в области охраны окружающей среды и природопользования;

- нарушение требований экологической безопасности;

- нарушение порядка реализации проектных решений планируемой хозяйственной и иной деятельности, подлежащих государственной экологической экспертизе;

- нарушение правил безопасности при обращении с опасными химическими или иными веществами и отходами;

- нарушение правил охоты;

- разжигание костров в запрещенных местах и многие другие деяния.

Нарушение законодательства в области охраны окружающей среды влечет *дисциплинарную, имущественную, административную и уголовную ответственность*. Привлечение лиц к ответственности не освобождает их от возмещения вреда, причиненного в результате вредного воздействия на окружающую среду, и выполнения мероприятий по ее охране.

Применение *дисциплинарной ответственности* регламентировано Трудовым кодексом РБ (ст. 197-204). Сущность дисциплинарной ответственности выражается в наложении на виновного работника дисциплинарного взыскания за невыполнение служебных обязанностей, связанных с охраной окружающей среды и природопользования, которые определены в должностных инструкциях.

К нарушителям могут быть примерены следующие *виды взысканий: замечание, выговор, увольнение*. Законодательством и уставами предприятий могут быть установлены иные виды дисциплинарных взысканий, например, перевод на нижеоплачиваемую работу на определенный срок или понижение в

должности. Независимо от применения мер дисциплинарного взыскания нарушители могут лишаться премий, им могут быть изменены сроки предоставления трудовых отпусков и пр. Виды и порядок применения таких мер определяется правилами внутреннего трудового распорядка, коллективными договорами, соглашениями и другими локальными актами.

Кроме того, статьями 400-409 Трудового кодекса РБ предусмотрено, что нарушители законодательства в области охраны окружающей среды могут быть привлечены к *материальной ответственности*. Этот вид ответственности отличается от имущественной ответственности, предусмотренной гражданским законодательством. В данном случае материальная ответственность выражается в обязанности работника возместить в установленном порядке и установленных размерах вред, причиненный по его вине организации в результате ненадлежащего исполнения своих трудовых обязанностей. Например, материальную ответственность несут работники, по вине которых организация понесла расходы по возмещению вреда, причиненного правонарушением в области охраны окружающей среды.

Административная ответственность выражается в применении уполномоченным государственным органом мер административного взыскания за совершение административных проступков. Кодекс об административных правонарушениях в РБ (КОАП) определяет составы административных проступков РБ, при совершении которых наступает административная ответственность, компетенцию органов, привлекающих нарушителей к этому виду ответственности, виды административных взысканий, особенности привлечения субъектов к административной ответственности и т.п.

К административной ответственности могут быть привлечены граждане – физические и должностные лица.

В настоящее время применяются следующие *виды административных взысканий* – *предупреждение, штраф, конфискация предмета-орудия совершения правонарушения, лишение специальных прав, например, права на охоту*.

Предупреждение как мера административного взыскания выносится в письменной форме должностным лицом в виде постановления по окончании рассмотрения дела.

Размер штрафа устанавливается должностным лицом, рассматривающим правонарушение. В некоторых случаях нарушители могут освобождаться от штрафных санкций ввиду малозначительности правонарушения.

В случае неуплаты штрафа нарушителем в установленный срок постановление о наложении штрафа направляется в организацию для его принудительного удержания из заработной платы, стипендии, пенсии нарушителя.

Конфискация предмета, явившегося орудием совершения или непосредственно объектом административного правонарушения, состоит в принудительном безвозмездном обращении его в собственность государства.

Лишение прав охоты применяется на срок до пяти лет за грубое или систематическое нарушение порядка пользования этим правом. Срок лишения такого права не может быть менее пятнадцати дней.

Уголовная ответственность наступает за представляющие общественную опасность правонарушения против экологической безопасности и природной среды. Такими преступлениями признаются совершенные умышленно или по неосторожности общественно опасные деяния, причинившие или могущие причинить вред земле, водам, недрам, лесам, животному и растительному миру, атмосфере и другим природным объектам.

В соответствии с Уголовным кодексом РБ (ст. 131, 263- 283) *уголовная ответственность предусмотрена за следующие преступления:*

- экоцид – умышленное массовое уничтожение растительного или животного мира, отравление атмосферы или водных ресурсов либо совершение иных умышленных действий, способных вызвать экологическую катастрофу;
- умышленное уничтожение или повреждение особо охраняемых природных объектов;
- нарушение режима особо охраняемых природных территорий и объектов;
- нарушение требований экологической безопасности;
- прием в эксплуатацию экологически опасных объектов;
- принятие мер по ликвидации последствий нарушения экологического законодательства;
- сокрытие либо умышленное искажение сведений о загрязнении окружающей среды;
- порча земель, уничтожение либо повреждение торфяников;
- нарушение правил охраны недр;
- загрязнение или засорение вод, нарушение правил водопользования;
- загрязнение атмосферы;
- загрязнение леса, уничтожение или повреждение леса по неосторожности, незаконная порубка деревьев и кустарников;
- нарушение правил безопасности при обращении с экологически опасными веществами и отходами;
- нарушение правил безопасности при обращении с микробиологическими, другими биологическими агентами или токсинами;
- нарушение правил борьбы с сорной растительностью, болезнями и вредителями растений;
- незаконная добыча рыбы или водных животных;
- незаконная охота, нарушение правил охраны рыбных ресурсов и водных животных.

Крупным размером ущерба, предусматривающим ответственность за совершение правонарушений в области охраны окружающей среды, признается размер ущерба на сумму в 250 и более раз превышающую размер базовой величины, установленной на день совершения преступления. К особо крупным

размерам относится ущерб в 1000 и более раз превышающий размер базовой величины. Следует отметить, что в статьях 275-277, 281 и 282 Уголовного кодекса РБ при конкретных правонарушениях к разряду крупных и особо крупных относятся размеры ущербов существенно меньше вышеуказанных.

При нарушении требований экологического законодательства работа отдельных производств, цехов и иных объектов может быть ограничена или приостановлена по решению Министерства ПРиООС или его территориальных органов, местных исполнительных и распорядительных органов и иных уполномоченных органов государственного управления либо по решению суда в порядке, установленном законодательством РБ.

Приостановка производственной деятельности не допускается для непрерывных технологических процессов, когда она может привести к аварийным ситуациям. В этом случае органы Министерства ПРиООС передают материалы в прокуратуру для привлечения виновных лиц к ответственности в соответствии с действующим законодательством.

13.7. Мониторинг окружающей среды

Мониторинг окружающей среды представляет собой систему наблюдений за состоянием окружающей среды для своевременной оценки возможных изменений физических, химических и биологических процессов, уровня загрязнения атмосферного воздуха, почвы, водных и других природных объектов, предупреждения и устранения негативных явлений, а также обеспечения заинтересованных организаций и населения текущей и экстренной информацией об окружающей среде и прогнозе ее состояния. Экологический мониторинг является основным инструментом для решения проблем взаимодействия человека и окружающей среды, ресурсо- и энергосбережения, рационального природопользования и других вопросов хозяйственной деятельности.

Термин «мониторинг» происходит от латинского «*monitor*», что переводится как «наблюдающий», «предостерегающий». Такая интерпретация термина очень хорошо подходит к современному пониманию задачи мониторинга окружающей среды: наблюдение за состоянием экосистем, контроль их динамики и прогноз возможных изменений с целью управления ими.

Таким образом, мониторинг окружающей среды представляет собой систему наблюдений за состоянием физико-химических и биологических параметров, характеризующих окружающую среду, их оценку в статических и динамических условиях. Эти данные необходимы для разработки конкретных мер по предупреждению критических, опасных и вредных для экосистемы и здоровья человека ситуаций, сохранения популяций организмов и их сообществ. В общем виде мониторинг окружающей среды можно представить в виде блок-схемы (рисунок 13.3).

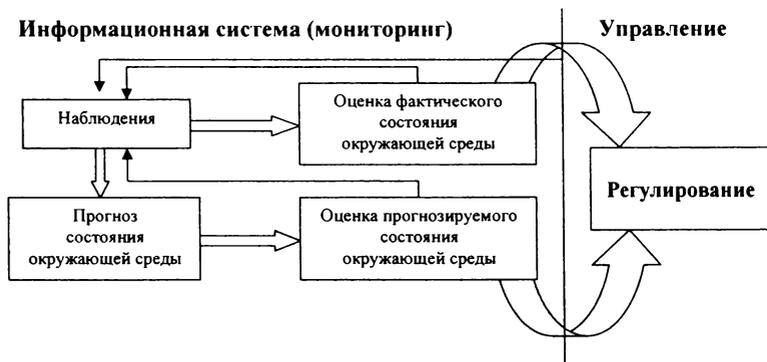


Рисунок 13.3 – Блок-схема мониторинга окружающей среды

Объектами мониторинга экосистем являются: их структура, динамика и ритмика; биосферные станции и заповедники; загрязнение почвы, воды и воздуха; изменение газовых составляющих атмосферы.

В зависимости от характера и объема задач, решаемых мониторингом, различают следующие его виды:

- *локальный (импактный)* – контролирует выбросы предприятий, оценивает степень загрязнения промышленных и прилегающих к ним территорий в локальном масштабе;
- *региональный* – предназначен для сбора и анализа данных о загрязнении среды на всей территории региона, проведения научных исследований и разработки рекомендаций по охране окружающей среды в данном регионе;
- *фоновый* – предназначен для фиксации фонового состояния окружающей среды, осуществляется в рамках программы «Человек и биосфера». Он проводится, как правило, на базе биосферных заповедников, где исключена всякая хозяйственная деятельность. Все превышения концентраций загрязняющих веществ над фоновыми регистрируются и контролируются соответствующими органами экологического надзора.
- *национальный* – направлен на получение информации от региональных систем, от искусственных спутников Земли и космических орбитальных станций, предназначен для разработки комплексных мер по охране окружающей среды государства;
- *глобальный* – используется для исследований и охраны природы в рамках международных соглашений.

Контроль за состоянием окружающей среды может быть непрерывным, периодическим и с помощью экспресс-методов. Он базируется на физико-химических, спектральных, хроматографических, оптических, лазерных и радиометрических анализах воздуха, воды или почвы. Кроме того, экологический

мониторинг осуществляется методами подсчета видов растений на определенной территории и учета поголовья диких животных и птиц, учета гнездований птиц и изучения путей их миграции.

Национальная система мониторинга окружающей среды (НСМОС), созданная в 1993 г., является структурным элементом мониторинга стран СНГ и Европы. Включает в себя *медицинский, биологический, импактный, окружающей среды и комплексный экологический мониторинг*.

Мониторинг атмосферного воздуха заключается в наблюдениях за региональными и глобальными потоками загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, атмосферных осадках и снежном покрове в 18 городах, в которых проживает 81,3% населения республики. Всего контролируется 32 вещества, в том числе оксид углерода, диоксиды азота и серы, взвешенные вещества, формальдегид, фенол.

Мониторинг поверхностных вод состоит из наблюдений за естественными водоемами и водотоками. Гидрохимические наблюдения ведутся на 83 водных объектах. С ними в комплексе на 74 объектах ведутся гидробиологические исследования. Определяется концентрация в воде 80 веществ, степень загрязнения природных водных объектов и его прогноз.

Радиационный мониторинг включает в себя наблюдения за мощностью экспозиционной дозы гамма-излучения, за уровнем радиоактивных выпадений из приземного слоя атмосферы, за содержанием радиоактивных аэрозолей в воздухе. Кроме того, контролируется радиоактивное загрязнение вод и почв, лесной и сельскохозяйственной растительности, продуктов питания.

Мониторинг животного мира проводится с целью контроля за популяциями и сообществами наиболее показательных (массовых) видов животных – диких копытных и птиц, а также фиксирования биоразнообразия в республике. Для этого отмечают видовой состав, плотность, экологическое распределение наиболее массовых видов животных и птиц.

Мониторинг подземных вод включает в себя 34 поста фонового ранга и 36 постов регионального ранга. Объектами исследования являются скважины подземных вод. В состав контролируемых показателей входят основные ионы, железо, марганец, фтор, соединения азота, растворенные органические вещества, пестициды и тяжелые металлы.

Локальный мониторинг проводится в целях наблюдения за источниками вредного воздействия на окружающую среду и состоянием окружающей среды в районе их расположения, оценки и прогноза изменения состояния окружающей среды и вредного воздействия на нее. В состав локального мониторинга входят наблюдения за источниками атмосферного воздуха (соблюдение нормативов допустимых выбросов) и за сбросом сточных вод (соблюдение нормативов допустимых сбросов).

Исполнителями являются природопользователи, осуществляющие эксплуатацию источников вредного воздействия на окружающую среду. Локальный мониторинг проводится в соответствии с Инструкцией о порядке проведения локального мониторинга окружающей среды юридическими лицами, осуществляющими эксплуатацию источников вредного воздействия на окружающую среду, утвержденной постановлением Министерства ПРиООС 22.07.2004 г. № 20. Методическое руководство проведением локального мониторинга осуществляют Министерство ПРиООС и его территориальные органы.

Мониторинг озонового слоя осуществляется на двух станциях в Минске, где ведутся наблюдения за общим содержанием атмосферного озона, его вертикальным распределением, регистрируются биологически активное ультрафиолетовое излучение и состояние озонового слоя над территорией республики. Все полученные данные передаются в Мировой банк данных по озону, а также в Росгидромет в соответствии с международными соглашениями, подписанными РБ.

Мониторинг лесов осуществляется на всей территории республики. В качестве базовой технологии мониторинга объектами наблюдений являются крупные массивы лесов (16x16, 8x8 или 4x4 км) около крупных городов. Контролируется процент дефолиации (опадания листвы) листьев и хвои, их цвет, степень повреждения листового аппарата, процент усыхающих ветвей, содержание основных элементов питания в листве и хвое, состав лесной подстилки и лесных почв и т.д. Здесь же проводится *эколого-мелиоративный мониторинг земель* в составе Гослесфонда РБ, целью которого является выявление изменений, происходящих на лесных заболоченных землях под влиянием мелиорации с целью разработки эффективных мероприятий по лесохозяйственному использованию мелиорированных земель.

Мониторинг земель (почв) состоит из *мониторинга земельного фонда, агропочвенного мониторинга и мониторинга агротехногенно-загрязненных почв*. Мониторинг земель направлен на постоянный контроль за структурой земельного фонда, его качественного состояния по видам и категориям земель. Агропочвенный мониторинг ставит своей целью контроль за свойствами почв, эрозийными процессами, влиянием удобрений и осушения. Мониторинг агротехногенно-загрязненных почв состоит в контроле за загрязнением почв в городах, в придорожных полосах, сельскохозяйственных угодий пестицидами и за глобальным фоновым загрязнением почв республики.

Объектами *мониторинга растительного мира* являются растительные сообщества на лугах (мониторинг луговой растительности) и в наиболее крупных озерных водоемах и водотоках (мониторинг высшей водной растительности). Определяются видовой состав, плотность популяции, продуктивность, численность и т.д.

Геофизический мониторинг проводится с целью исследования и наблюдения за геомагнитным и гравитационным полями, их динамикой. Контролируются магнитные бури, уровни сейсмического шума, фазы сейсмических волн и др.

Программы наблюдений при организации мониторинга формируются по принципу выбора приоритетных загрязняющих веществ или интегральных характеристик процессов, явлений и т.п. Определение приоритетов зависит от цели и задач конкретных программ: например, в региональном мониторинге приоритет отдается городам, водным объектам – источникам питьевого водоснабжения и местам нерестилищ рыб. В отношении сред наблюдений в первую очередь исследуют атмосферный воздух и воду пресных водоемов. Приоритетность ингредиентов определяется с учетом критериев, отражающих токсические, радиоактивные или болезнетворные свойства веществ, а также объемов их поступления в окружающую среду, способности к трансформации, степень воздействия на живые организмы и др.

Составной частью глобального мониторинга являются *геоинформационные системы (ГИС)*, представляющие собой компьютерную систему сбора (в том числе и с помощью космических аппаратов) информации, ее хранения, выборки, анализа и графического отображения для геоэкологических исследований, составления ландшафтных карт, карт загрязненности территорий, состояния окружающей среды, почвы, лесов и других объектов. Для этого используются следующие виды мониторинга:

- аэрокосмическая съемка (фотографическая, телевизионная, радиолокационная, инфракрасная, многозональная, радиометрическая, радиационная, СВЧ и др.) с высоты 600-1000 км с использованием искусственных спутников Земли;
- аэрокосмовизуальная съемка с высоты 250-300 км с космических кораблей в масштабах 1:200 000-1:2 000 000;
- космовизуальные наблюдения с космических кораблей;
- съемка с высоты 10-20 км в масштабах 1:50 000-1:200 000 с самолетов, воздушных шаров для детальных исследований;
- аэровизуальные наблюдения с самолетов или вертолетов для оперативного анализа происходящих изменений.

Современные ГИС базируются на получении объективной космической информации с помощью фотосистем с высокой разрешающей способностью, причем за 3-5 мин. съемки со спутника можно получить фотографическое изображение территории, которую пришлось бы снимать с самолета в течение двух лет.

Кроме того, на космических снимках можно выявить некоторые структуры, которые не видны или незаметны при обычных методах наблюдений (например, места глубинных разломов). В Москве ГИС используют для разработки градо-

строительного кадастра, территориальной схемы охраны природы, зонирования территорий, проектов детальной планировки и других целей.

В Санкт-Петербурге с помощью ГИС выявлено влияние геопатогенных зон, расположенных в местах разломов земной коры, на заболеваемость населения раком.

Высокий спрос на ГИС привел к созданию глобальных хранилищ баз данных, к которым каждый пользователь может получить доступ. Наиболее известна в мире система «GeoMedia» корпорации «Intergraph», предназначенная для профессиональных организаций, нуждающихся в получении пространственных данных ГИС в своей работе.



Тема 14. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ ПО ОХРАНЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ПРЕДПРИЯТИИ

14.1. Управление окружающей средой на производстве

За последнее время ведущими отечественными предприятиями накоплен большой опыт предотвращения отрицательного воздействия на окружающую среду при одновременном увеличении объемов производства, снижении удельных расходов сырья и материалов, экономии энергоресурсов, улучшении качества продукции. Такие результаты обеспечиваются эффективным управлением окружающей средой, являющимся важным фактором решения основных производственных задач организации и тесно связанным с системой менеджмента качества. Систему управления окружающей средой (СУОС) принято рассматривать как неотъемлемую часть общей системы управления предприятием, основанную на применении современных информационных технологий.

В Республике Беларусь СУОС осуществляется в соответствии со статьей 31 Закона РБ «Об охране окружающей среды», а также в соответствии с Законом РБ «Об оценке соответствия требованиям технических нормативных правовых актов в области технического нормирования и стандартизации» и проводится с 2001 года. В 2011 году вступила в силу новая редакция Закона РБ «Об

оценке соответствия требованиям технических нормативных правовых актов в области технического нормирования и стандартизации», которой были изменены подходы и процедуры сертификации в РБ, а также приняты новые правила сертификации и пересмотрены основные документы подтверждения соответствия Национальной системы подтверждения соответствия РБ.

Для разработки СУОС используются международные стандарты серии ИСО 14000, в частности, СТБ ИСО 14001-2005 «Системы управления окружающей средой. Требования и руководство по



Рисунок 14.1 – Модель системы управления окружающей средой

применению». Модель СУОС представлена на рисунке 14.1.

Реализация СУОС предприятия обычно осуществляется в несколько этапов.

На первом этапе руководство предприятия должно определить миссию и стратегические цели в области природоохранной деятельности и разработать свою экологическую политику, экологические цели и обязательства в письменной форме. Следующее действие предприятия – *предварительный внутренний аудит* имеющейся системы экологического менеджмента, оценка ее соответствия требованиям стандарта ИСО 14001.

На втором этапе должны быть разработаны, описаны и внедрены отсутствующие, но необходимые элементы системы, а также переработаны те из них, которые не полностью удовлетворяют требованиям ИСО 14001. Обычно эта работа выполняется в форме составления и/или корректировки документов - процедур и рабочих инструкций. Экологическая политика и экологические цели должны быть включены в «Руководство по СУОС», которое также разрабатывается на этом этапе.

При этом может потребоваться совершенствование организационной структуры предприятия с учетом сферы ответственности и полномочий сотрудников, включенных в работу СУОС. При выполнении этой работы обычно проводятся внутренние аудиты с целью оценки модернизированной СУОС. Они выполняются самой организацией или внешним консультантом.

На третьем этапе проводится сертификация системы управления окружающей средой.

Алгоритм внедрения СУОС предприятия реализуется в следующем порядке:

1. Предварительное обучение высшего руководства и ведущих специалистов в области требований природоохранного законодательства.
2. Предварительная оценка (аудит). Проведение этой работы целесообразно поручить компетентной организации (органу по сертификации систем менеджмента охраны окружающей среды).

На этом этапе оценивается реальное состояние предприятия, выявляются значимые экологические аспекты его деятельности, определяется «уровень несоответствия» требованиям стандарта ИСО 14001 и законодательным требованиям.

После ознакомления руководства, специалистов с требованиями ИСО 14001 и предварительной оценки экологического состояния предприятия можно приступить к разработке системы управления окружающей средой.

3. Разработка Экологической политики (стратегические цели, приоритеты). Ответственность за определение и реализацию Экологической политики несет высшее руководство. Экологическая политика должна доводиться до сведения всех работающих в организации, а также предприятий и лиц, взаимодействующих с этой организацией.

4. Планирование. Для разработки плана следует предпринять следующие действия:

- идентифицировать экологические риски, оценить их воздействие на окружающую среду;

- идентифицировать требования законодательных актов и других ТНПА, распространяющиеся на предприятие;

- разработать целевые и плановые экологические показатели;
- разработать программу охраны окружающей среды.

При планировании необходимо установить систему приоритетов и очередность выполнения задач в соответствии с остротой проблем. Программа охраны окружающей среды должна предусматривать ресурсы для их выполнения и периодически пересматриваться.

5. Внедрение и функционирование системы управления окружающей средой. При этом предусматривается:

- распределение обязанностей;
- обеспечение необходимыми ресурсами;
- повышение уровня компетентности персонала;
- установление и поддержание в рабочем состоянии внутренних и внешних связей;
- документирование системы и управление документацией;
- обеспечение управления операциями (процессами);
- обеспечение готовности к аварийным ситуациям.

6. Проведение проверок и корректирующие действия. В процессе функционирования СУОС необходимо подтверждать результативность системы, проводить мониторинг и соответствующие измерения.

В системе предусматриваются корректирующие и предупреждающие действия, пропорциональные важности рисков, соразмерные выявленным воздействиям на окружающую среду. Все несоответствия должны быть идентифицированы и зарегистрированы. Необходимо определить круг лиц, обладающих полномочиями принимать решения и несущих ответственность за работу с несоответствиями. Все принятые решения должны заноситься в реестр «Регистрация данных по вопросам охраны окружающей среды» с конкретными сведениями по каждому внесенному в реестр документу.

7. При функционировании СУОС необходимо обеспечить периодическое проведение внутренних аудитов в соответствии с действующим законодательством.

8. Анализ со стороны руководства. Периодически руководство анализирует эффективность функционирования СУОС и принимает необходимые корректирующие действия.

По желанию природопользователя СУОС может быть сертифицирована органом Госстандарта РБ на соответствие требованиям НПА и ТНПА в области охраны окружающей среды. Порядок сертификации СУОС определен одноименным ТКП 5.1.17-2008.

В РБ с каждым годом увеличивается количество предприятий, сертифицировавших СУОС на соответствие требованиям стандарта ИСО 14 001. По состоянию на 01.09.2012 г. в Республике Беларусь действующие сертификаты на

СУОС имеют 295 предприятий, из них 278 сертификатов, выданных в национальной системе (подписанных Министерством ПриООС и Госстандартом), 17 сертификатов, выданных международными органами по сертификации (в международной системе). По-прежнему наибольшее количество организаций, сертифицировавших СУОС, находятся в г. Минске. Информация о количестве сертифицированных организаций по областям приведена в таблице 14.1.

Таблица 14.1 – Общее количество сертифицированных предприятий в РБ

Область	Общее количество сертифицированных предприятий
г. Минск	63
Минская область	43
Могилевская область	23
Брестская область	48
Витебская область	23
Гомельская область	50
Гродненская область	45
Всего:	295

Примечание. Информация приведена по действующим сертификатам

Внедрение СУОС позволяет организации:

- уменьшить общее воздействие на окружающую среду;
- добиться соответствия экологическому законодательству и нормативам;
- уменьшить затраты на единицу себестоимости выпускаемой продукции;
- повысить эффективность существующих систем управления;
- снизить потребление энергии и ресурсов и уменьшить, таким образом, количество отходов;
- снизить опасность возникновения непредвиденных чрезвычайных ситуаций;
- постоянно улучшать экологическую и производственную деятельность;
- постоянно повышать квалификацию работников в области охраны окружающей среды, их экологическую сознательность.

Система управления окружающей средой, создаваемая на соответствие стандарту ИСО 14001, позволяет внедрять экологически более чистые, энерго- и ресурсосберегающие производства и технологии, обеспечивать рациональное использование природных ресурсов, способствует снижению уровня отрицательного воздействия на окружающую среду, повышению производственных возможностей предприятия, что в конечном итоге способствует улучшению общего финансового состояния и имиджа предприятия.

При эффективном функционировании СУОС:

- оценивается компетентность персонала в области охраны окружающей среды и его способность осуществлять хозяйственную и иную деятельность с учетом требований природоохранного законодательства;
- подготовленный (обученный) персонал способен грамотно выявлять недостатки и проблемы предприятия в области охраны окружающей среды и планировать их поэтапное устранение;

- руководство предприятий оценивает свои ресурсы, необходимые для выполнения своей экологической политики, создавая или усиливая экологические службы;

- хозяйственная деятельность планируется и осуществляется с учетом жизненного цикла продукции, а также экологических требований на продукцию, повышая тем самым ее конкурентоспособность.

В условиях ужесточающейся конкуренции наличие сертифицированной системы управления окружающей средой, подтвержденной экологическим сертификатом соответствия, содействует экспорту и повышению конкурентоспособности отечественной продукции.

Государство поддерживает предприятия, создавшие и сертифицировавшие систему правления окружающей средой в Национальной системе подтверждения соответствия, предоставляя им льготы при уплате экологического налога.

В соответствии с п.п. 2.3. п. 2 Директивы Президента РБ от 11.03.2004 г. № 1 «О мерах по укреплению общественной безопасности и дисциплины» Министерством ПриООС подготовлен Указ Президента РБ от 15.06.2005 г. № 275, в котором в числе прочих мер стимулирования природоохранной деятельности предусмотрено при расчете сумм экологического налога применение коэффициента 0,9 организациями РБ (плательщиками экологического налога), получившими экологический сертификат соответствия, выданный Национальной системой Подтверждения соответствия РБ.

Льгота распространяется только на организации (Плательщиков экологического налога), получившие экологический сертификат соответствия, выданный Национальной системой подтверждения соответствия РБ.

Средства, сэкономленные благодаря данной льготе, частично компенсируют затраты на проведение сертификации СУОС и используются предприятиями на реализацию природоохранных мероприятий.

Иногда управление окружающей средой и соответствующие системы для краткости называют экологическим менеджментом или системами экологического менеджмента. Однако *экологический менеджмент* представляет собой более широкую систему отношений и одновременно совокупность методов, управляющих решением многообразных природно-ресурсных и экологических проблем, возникающих на различных уровнях экономической иерархии – от предприятия до общенациональной и глобальной экономики.

Экологический менеджмент обосновывает методы ресурсосбережения и минимизации экологических рисков и тем самым повышает уровень экологической безопасности производства и потребления продукции. Он позволяет выявить пути сокращения издержек и освоения новых рынков, что приводит к повышению конкурентоспособности объектов экономики, а для регионов и стран – повысить качество окружающей природной среды, поддерживать биологическое разнообразие и богатство природных ресурсов с учетом интересов настоящего и будущих поколений.

Таким образом, *экологический менеджмент* – это тип управления, принципиально ориентированный на формирование и развитие экологического производства и экологической культуры жизнедеятельности человека. Особое значение имеет внедрение на предприятиях современных информационных технологий, программного обеспечения для ЭВМ, позволяющего поднять систему экологического менеджмента на современный уровень. При этом отпадает необходимость в большом количестве бумажных документов, и в то же время каждый работник предприятия своевременно получает всю необходимую для работы информацию.

14.2. Экологическая служба организации

Структура экологической службы природопользователя, состав и численность работников определяется его руководителем в зависимости от характера хозяйственной (иной) деятельности, видов и объемов потребления природных ресурсов, количества структурных подразделений и всех видов негативного воздействия на окружающую среду.

Наиболее целесообразно создавать *экологическую службу (ЭСО)* в форме самостоятельного подразделения на наиболее крупных, градообразующих предприятиях, которая может состоять из специалистов в области экологического менеджмента во главе с руководителем службы – ведущим экологом.

Руководитель экологической службы обычно подчиняется непосредственно работодателю или по его поручению одному из руководителей организации (по соответствующему приказу руководителя природопользователя).

На таких предприятиях ведущий инженер-эколог осуществляет свою работу совместно с заведующим Центральной заводской лабораторией по контролю параметров окружающей среды и качества продукции (при наличии таковой), а также с работниками, ответственными в подразделениях предприятия за вопросы охраны окружающей среды.

Экологическая служба организации может быть следующих типов:

- *дифференцированного типа*, где каждый работник отвечает за конкретный вид воздействия на окружающую среду;
- *интегрированного типа*;
- *смешанного типа*.

ЭСО дифференцированного типа будет состоять из работников, которые курируют вопросы охраны атмосферного воздуха; охраны и рационального использования водных ресурсов; обращения с отходами производства и потребления; охраны и рационального использования ресурсов литосферы. Распределение обязанностей в ЭСО первого типа сходно со структурой государственных органов экологического контроля, наиболее целесообразно для производственных объединений, на которых ЭСО включает более 10 работников. К достоинствам ЭСО этого типа можно отнести доскональное изучение требований и возможностей в определенной области охраны окружающей среды.

Работники *ЭСО интегрированного типа* совместно разрабатывают и реализуют мероприятия, связанные с охраной окружающей среды и рациональным природопользованием. Такой тип ЭСО наиболее целесообразен для средних и мелких организаций.

Работники *ЭСО смешанного типа* могут выполнять обязанности, связанные с контролем различных видов воздействий на окружающую среду, и заниматься экологическими проблемами определенных технологий.

Однако при любой ЭСО важен комплексный подход к осуществлению эффективного управления окружающей средой, в том числе при разработке экологической политики организации, определении основных целей и задач в сфере производственной деятельности, а также в мотивации и контроле.

Основными *задачами ЭСО* являются:

- внедрение комплексного природопользования, включая экологически обоснованные методы использования атмосферных, земельных, водных, минеральных, лесных и других ресурсов;
- внедрение ресурсосберегающих технологий во всех сферах хозяйственной деятельности;
- оснащение организации современным природоохранным оборудованием и приборами контроля;
- развитие системы использования вторичных ресурсов, в том числе переработки отходов;
- широкое использование экологического аудита;
- разработка методик по определению экологических рисков;
- учет в приоритетном порядке интересов и безопасности населения при решении вопросов о потенциально опасных производствах и видах деятельности;
- организация производственного экологического контроля;
- разработка системы чрезвычайного реагирования и системы оповещения на экологически опасных объектах, а также при чрезвычайных ситуациях с негативными экологическими последствиями.

При осуществлении текущей деятельности руководители ЭСО действуют в соответствии с действующими ТНПА.

Работники ЭСО несут ответственность за выполнение своих обязанностей в соответствии с положением о ЭСО и должностными инструкциями.

В соответствии с этим, на предприятии приказом может быть определено определенное лицо, которое отвечает за организацию работы в области защиты окружающей среды от негативного воздействия данного предприятия или создано соответствующее подразделение.

В том случае, если обязанности по организации работы в области защиты окружающей среды возлагаются на определенное лицо, руководитель предприятия издает приказ, возлагающий эти обязанности на конкретное лицо, на предприятии разрабатывается и утверждается должностная инструкция, определяющая права и обязанности лица, выполняющего по приказу эти обязанности.

Юридическая ответственность лица, выполняющего обязанности по работе в области охраны окружающей среды, наступает после подписания этим лицом приказа руководителя предприятия и должностной инструкции, соответствующей выполняемым обязанностям.

Макет должностной инструкции инженера- эколога

ДОЛЖНОСТНАЯ ИНСТРУКЦИЯ инженера по охране окружающей среды

«Утверждаю»

Руководитель _____

(наименование предприятия)

(место подписания, дата)

(Ф.И.О.) (подпись)

I. Общие положения

1. Инженер по охране окружающей среды (эколог) относится к категории специалистов.

2. На должность:

- инженера по охране окружающей среды (эколога) назначается лицо, имеющее высшее профессиональное образование без предъявления требований к стажу работы;

- инженера по охране окружающей среды (эколога) II категории – лицо, имеющее высшее профессиональное образование и стаж работы в должности инженера по охране окружающей среды (эколога) не менее трех лет;

- инженера по охране окружающей среды (эколога) I категории – лицо, имеющее высшее профессиональное образование и стаж работы в должности эколога II категории не менее трех лет.

3. Назначение на должность инженера по охране окружающей среды (эколога) и освобождение от нее производится приказом руководителя предприятия.

4. Инженер по охране окружающей среды (эколог) должен знать:

4.1. Экологическое законодательство.

4.2. Нормативные и методические материалы по охране окружающей среды и рациональному использованию природных ресурсов.

4.3. Системы экологических стандартов и нормативов.

4.4. Производственную и организационную структуру предприятия и перспективы его развития.

4.5. Технологические процессы и режимы производства продукции предприятия.

4.6. Порядок проведения экологической экспертизы предплановых, предпроектных и проектных материалов.

4.7. Методы экологического мониторинга.

4.8. Средства контроля соответствия технического состояния оборудования предприятия требованиям охраны окружающей среды и рационального природопользования, действующие экологические стандарты и нормативы.

4.9. Передовой отечественный и зарубежный опыт в области охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов.

4.10. Порядок учета и составления отчетности по охране окружающей среды.

4.11. Основы экономики, организации производства, труда и управления.

4.12. Основы трудового законодательства.

4.13. Средства вычислительной техники, коммуникаций и связи.

4.14. Правила и нормы охраны труда, производственной санитарии, промышленной и пожарной безопасности.

5. Инженер по охране окружающей среды (эколог) непосредственно подчиняется _____

6. На время отсутствия инженера по охране окружающей среды (эколога) (болезнь, отпуск, командировка, пр.) его обязанности исполняет лицо, назначенное в установленном порядке. Данное лицо приобретает соответствующие права и несет ответственность за качественное и своевременное исполнение возложенных на него обязанностей.

II. Должностные обязанности

Инженер по охране окружающей среды (эколог):

1. Осуществляет контроль над соблюдением в подразделениях предприятия действующего экологического законодательства, инструкций, стандартов и нормативов по охране окружающей среды, способствует снижению вредного влияния производственных факторов на жизнь и здоровье работников.

2. Разрабатывает проекты перспективных и текущих планов проведения мероприятий по охране окружающей среды, контролирует их выполнение.

3. Участвует в проведении экологической экспертизы технико-экономических обоснований, проектов расширения и реконструкции действующих производства, а также создаваемых новых технологических и оборудования, разработке мероприятий по внедрению новой техники.

4. Принимает участие в проведении научно-исследовательских и опытных работ по очистке промышленных сточных вод, предотвращению загрязнения окружающей среды, выбросов вредных веществ в атмосферу, уменьшению или полной ликвидации технологических отходов, рациональному использованию земельных и водных ресурсов.

5. Осуществляет контроль над соблюдением технологических режимов природоохранных объектов, анализирует их работу, следит за соблюдением правил охраны природы, за состоянием окружающей среды в районе расположения предприятия.

6. Составляет технологические регламенты, графики аналитического контроля, паспорта, инструкции и другую техническую документацию.

7. Участвует в проверке соответствия технического состояния оборудования требованиям охраны окружающей среды и рационального природопользования.

8. Составляет установленную отчетность о выполнении мероприятий по охране окружающей среды, принимает участие в работе комиссий по проверке деятельности предприятия.

III. Права

Эколог имеет право:

1. Знакомиться с проектами решений руководства предприятия, касающимися его деятельности.

2. Вносить на рассмотрение руководства предложения по совершенствованию работы, связанной с предусмотренными настоящей должностной инструкцией обязанностями.

3. Сообщать непосредственному руководителю о всех выявленных в процессе исполнения своих должностных обязанностей недостатках в производственной деятельности предприятия (его структурных подразделениях) и вносить предложения по их устранению.

4. Запрашивать лично или по поручению непосредственного руководителя от руководителей подразделений предприятия и специалистов информацию и документы, необходимые для выполнения его должностных обязанностей.

5. Привлекать специалистов всех (отдельных) структурных подразделений к решению задач, возложенных на него (если это предусмотрено положениями о структурных подразделениях, если нет - то с разрешения руководства).

6. Требовать от руководства предприятия оказания содействия в исполнении им его должностных обязанностей и прав.

IV. Ответственность

Эколог несет ответственность:

1. За неисполнение (ненадлежащее исполнение) своих должностных обязанностей, предусмотренных настоящей должностной инструкцией, – в пределах, определенных действующим трудовым законодательством Республики Беларусь.

2. За правонарушения, совершенные в процессе осуществления своей деятельности, – в пределах, определенных действующим административным, уголовным и гражданским законодательством Республики Беларусь.

3. За причинение материального ущерба – в пределах, определенных действующим трудовым и гражданским законодательством Республики Беларусь.

Должностная инструкция разработана в соответствии с _____

Руководитель структурного подразделения

(подпись) (фамилия, инициалы) 00.00.20 г.

СОГЛАСОВАНО:

Начальник юридического отдела (юрисконсульт)

(подпись) (фамилия, инициалы) 00.00.20 г.

С инструкцией ознакомлен(а):

(подпись) (фамилия, инициалы) 00.00.20 г.

14.3. Организация производственного контроля в области охраны окружающей среды

Одним из инструментов функционирования СУОС предприятия является организация *производственного экологического контроля (ПЭК)*. Он проводится в соответствии с Инструкцией об организации производственного контроля в области охраны окружающей среды, утвержденной постановлением Министерства ПриООС 17.03.2004 г. №4.

ПЭК включает в себя контроль за использованием и охраной земель (включая почву), недр, состояния и качества поверхностных и подземных вод, атмосферного воздуха, лесов, озонового слоя, объектов растительного и животного мира, особо охраняемых природных территорий, типичных и редких природных ландшафтов, контроль за обращением с отходами.

Проведение производственного контроля на предприятии является обязательным требованием экологической безопасности производства, несоблюдение которого влечет за собой ответственность в соответствии с действующим законодательством РБ.

Организация и ведение ПЭК обязательно для всех природопользователей, как юридических лиц, так и индивидуальных предпринимателей.

Руководитель юридического лица (природопользователя) должен назначить ответственное должностное лицо за ПЭК. При необходимости руководитель имеет право создать структурное подразделение для организации ПЭК. Это подразделение подчиняется непосредственно руководителю предприятия или его заместителю, ответственному по приказу за организацию ПЭК. Структура подразделения, состав и численность работников определяет руководитель предприятия в зависимости от вида хозяйственной деятельности, объема выполнения работ по организации и проведению ПЭК, количества производственных объектов.

На это подразделение запрещается возлагать иные обязанности, не связанные с проведением ПЭК.

Отсутствие у природопользователя специального подразделения по ПЭК не освобождает его от проведения контроля в полном объеме.

Производственный контроль должен осуществляться всеми природопользователями самостоятельно, а при необходимости - с привлечением организаций, имеющих право проводить соответствующие измерения в области охраны окружающей среды.

ПЭК осуществляется природопользователями за счет собственных средств, но разрешается привлекать сторонние средства, не запрещенные законодательством РБ.

Основными задачами ПЭК на предприятии является контроль за:

- выполнением и соблюдением требований законодательства РБ об охране окружающей среды;

- проведением обучения, инструктажа и проверки знаний в области охраны окружающей среды и природопользования;
- выполнением мероприятий по рациональному использованию природных ресурсов и охране окружающей среды, предписаний специально уполномоченных государственных органов в области охраны окружающей среды;
- соблюдением лимитов добычи природных ресурсов и эффективностью их использования;
- обращением с опасными веществами, отходами;
- работой природоохранного оборудования и сооружений;
- степенью готовности к аварийным ситуациям, наличием и техническим состоянием оборудования по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера;
- состоянием окружающей среды в зоне воздействия на нее хозяйственной и иной деятельности природопользователя;
- получением информации для составления документации по охране окружающей среды и ее ведением;
- своевременным предоставлением сведений о состоянии и загрязнении окружающей среды, в том числе аварийном, об источниках ее загрязнения, о состоянии природных ресурсов, об их использовании и охране;
- соблюдением природопользователем нормативов допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, сбросов сточных вод и лимитов размещения отходов производства;
- номенклатурой и количеством загрязняющих веществ, поступающих в окружающую среду от хозяйственной и иной деятельности природопользователя;
- обеспечением своевременной разработки (пересмотра) природопользователем нормативов в области охраны окружающей среды;
- соблюдением режима охраны и использования особо охраняемых природных территорий (при их наличии);
- проведением локального мониторинга окружающей среды.

ПЭК может быть *плановым* и *внеплановым*.

Плановый производственный экологический контроль должен осуществляться согласно плану проверок, разработанному подразделением и утвержденному руководителем юридического лица (природопользователя).

Внеплановый производственный экологический контроль осуществляется с целью выявления нарушений природопользователем установленных нормативов в области охраны окружающей среды, других требований законодательства РБ об охране окружающей среды, невыполнения предъявленных в установленном порядке требований государственных органов и иных организаций, осуществляющих государственный и ведомственный контроль в области охраны окружающей среды.

По результатам ПЭК составляются соответствующие производственные акты, выдаются должностным лицам предписания об устранении нарушений

законодательства об охране окружающей среды и информируется руководитель природопользователя для принятия им мер воздействия на виновное лицо.

ПЭК осуществляется в порядке, установленном Инструкцией по осуществлению производственного контроля в области охраны окружающей среды, которая разрабатывается природопользователем применительно к собственному производству, утверждается руководителем предприятия и согласовывается в соответствующих органах государственного контроля и надзора.

В Инструкции устанавливается порядок осуществления ПЭК, включая производственный аналитический контроль, в соответствии со спецификой деятельности природопользователя и состоянием окружающей среды в районе воздействия данного предприятия (организации).

Инструкция по организации производственного экологического контроля состоит из следующих основных разделов:

Титульный лист

1. Организация производственного экологического контроля.
2. Объекты и порядок проведения ПЭК.
3. Планирование мероприятий по охране окружающей среды, в т.ч. при чрезвычайных ситуациях и неблагоприятных метеорологических условиях.
4. Порядок снижения и ликвидации вредного воздействия на окружающую среду.
5. Ответственность за нарушение требований в области охраны окружающей среды и стимулирование природоохранной деятельности.
6. Профессиональная подготовка и повышение квалификации работников в области производственного экологического контроля, инструктаж в области охраны окружающей среды.

К инструкции прилагаются:

- приказ о назначении должностного лица, ответственного за проведение ПЭК, или о создании соответствующего подразделения;
- копии аттестата аккредитации аналитической лаборатории, осуществляющей измерения в области охраны окружающей среды (при наличии);
- справка Министерства ППриООС о включении аналитической лаборатории в журнал учета.

В инструкцию природопользователь обязан внести дополнения в двухмесячный срок в случаях:

- строительства, реконструкции, расширения, технического перевооружения, модернизации, изменения профиля производства, повлекших образование новых источников и (или) изменение уровня негативного воздействия предприятия на окружающую среду;
- изменения требований природоохранного законодательства РБ, нормативной технической базы в области охраны окружающей среды.

В иных случаях необходимость внесения изменений в инструкцию решается по согласованию с согласующим органом.

Ответственный за проведение ПЭК подчиняется непосредственно руководителю предприятия и обязан немедленно уведомлять его обо всех нарушениях положений инструкции о ПЭК, аварийных ситуациях и иных действиях, могущих нанести вред окружающей среде, а также сообщать о них в территориальные государственные органы контроля и надзора за состоянием окружающей среды.

Кроме ПЭК, на предприятии может быть организован **общественный экологический контроль**. Общественный контроль в области охраны окружающей среды осуществляется общественными организациями, трудовыми коллективами и ставит своей задачей проведение общественной проверки соблюдения юридическими лицами и гражданами природоохранного законодательства, а также выполнения мероприятий по охране, рациональному использованию и воспроизводству природных ресурсов.

Порядок организации общественного контроля регулируется законодательством Республики Беларусь, уставами общественных организаций.

14.4. Экологическая сертификация

Республика Беларусь активно предлагает свои товары на международном рынке. Одним из основных условий международной торговли является экологическая безопасность товаров и услуг. Поэтому все выставляемые на внешний рынок товары должны иметь сертификаты соответствия.

Сертификация является действенным инструментом реализации государственной политики в области охраны окружающей среды. *Экологическая сертификация – это деятельность, осуществляемая органом по экологической сертификации, аккредитованным в Системе аккредитации РБ, по подтверждению соответствия объектов требованиям НПА, в том числе ТНПА, в области охраны окружающей среды.* Законодательной основой экологической сертификации в Республике Беларусь является Закон РБ «Об охране окружающей среды» (статья 31).

Объектами экологической сертификации являются:

- система управления окружающей средой;
- продукция;
- компетентность персонала в выполнении работ, услуг в области охраны окружающей среды;
- оказание услуг в области охраны окружающей среды;
- иные объекты, в отношении которых в соответствии с законодательными актами Республики Беларусь об охране окружающей среды принято решение об оценке соответствия.

Государственное регулирование в области экологической сертификации осуществляется Президентом РБ, Советом Министров РБ, Государственным комитетом по стандартизации РБ и Министерством ПРиООС.

Научно-методическое руководство по экологической сертификации в республике осуществляется Министерством ПРиООС РБ.

В условиях рыночной экономики сертификация является практически единственным средством защиты потребителя от недобросовестности изготовителей и продавцов, реализующих продукцию, небезопасную для человека и окружающей среды. Для реализации своей продукции на территории РБ изготовитель должен обеспечить соблюдение обязательных требований белорусских государственных стандартов, а если продукция подлежит обязательной сертификации, то и иметь сертификат, подтверждающим ее соответствие установленным требованиям экологической безопасности.

В соответствии с законодательством РБ сертификация может быть *обязательной* или *добровольной*. **Обязательная сертификация** – это подтверждение уполномоченным на то органом соответствия товара (работы, услуг) обязательным требованиям стандартов. **Добровольная сертификация** – это сертификация, проводимая на добровольной основе по инициативе изготовителя, продавца или потребителя продукции. При проведении такой сертификации заявитель сам определяет перечень ТНПА, а также номенклатуру показателей с обязательным включением требований безопасности, на соответствие которым осуществляется добровольная сертификация.

Целями экологической сертификации являются:

- удостоверение соответствия объектов экологической оценки соответствия требованиям НПА и ТНПА в области охраны окружающей среды;
- защита потребителей от приобретения (использования) продукции и услуг, в том числе импортных, представляющих опасность для окружающей среды;
- предотвращение загрязнения окружающей среды при производстве, использовании и переработке всех видов продукции;
- содействие внедрению экологически безопасных производств, технологических процессов и оборудования;
- содействие экспорту и повышению конкурентоспособности отечественной продукции;
- выполнение международных обязательств страны в области охраны окружающей среды.

Экологическая сертификация строится на следующих *основных принципах*:

- *независимость* – исключение влияния каких-либо юридических или физических лиц на результаты аккредитации и сертификации;
- *объективность* – исключение предоставления преимуществ каким-либо предприятиям, организациям, юридическим или физическим лицам;
- *компетентность* – участники процедуры экологической сертификации должны обладать необходимой квалификацией, средствами и полномочиями для выполнения возложенных на них задач;

- *открытость* – отсутствие ограничений на доступ к участию в работах по процедуре экологической сертификации и к информации по ее деятельности.

При проведении экологической сертификации обеспечивается конфиденциальность информации, составляющей коммерческую тайну. Принцип конфиденциальности информации, получаемой в результате взаимодействия участников сертификации, не распространяется на случаи, когда продукция или производство представляет опасность для жизни и здоровья людей, их имущества и окружающей среды.

Участниками экологической сертификации продукции и производств являются:

- Министерство ПриООС;
- Государственный комитет по стандартизации, метрологии и сертификации РБ;
- Центральный орган по экологической сертификации продукции и производств;
- аккредитованные органы по экологической сертификации продукции;
- аккредитованные органы по экологической сертификации производств, в том числе систем управления качеством окружающей среды;
- аккредитованные испытательные лаборатории, в том числе отделы аналитического контроля системы Министерства ПриООС;
- держатели экологических сертификатов и знаков экологически чистой продукции;
- заявители.

Общее руководство подсистемой экологической сертификации в РБ, организацию и координацию работ по реализации целей и задач экологической сертификации осуществляет Центральный орган экологической сертификации продукции и производств, действующий под руководством Государственного комитета по стандартизации, метрологии и сертификации РБ и государственного специально уполномоченного органа в области охраны окружающей среды – Министерства ПриООС.

В *организационную структуру* подсистемы экологической сертификации входят:

- Центральный орган по экологической сертификации продукции и производств;
- органы по экологической сертификации продукции;
- органы по экологической сертификации производств, в том числе систем управления качеством окружающей среды предприятий, опытно-экспериментальных объектов, организаций.

Проведение работ по экологической сертификации осуществляется в соответствии с законодательством РБ, документами Национальной системы сертификации, Положением по экологической сертификации и включает аналогичные этапы, рассмотренные нами выше при сертификации продукции и систем менеджмента качества.

По результатам сертификации выдается *экологический сертификат* – документ установленной формы, подтверждающий соответствие объекта сертификации природоохранным требованиям ТНПА, и проставляется знак экологически чистой продукции, зарегистрированный в установленном порядке по правилам процедуры экологической сертификации и подтверждающий ее соответствие экологическим требованиям.

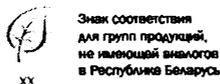
Предприятия, сертифицировавшие систему управления окружающей средой в соответствии с требованиями СТБ ИСО 14 001, имеют право маркировать свою продукцию, а также тару (упаковку), эксплуатационную и товаросопроводительную документацию знаком экологически чистой продукции и рекламировать в средствах массовой информации.

Требования к экологическому знаку установлены в СТБ 1458-2004 «Экологический знак соответствия. Формы, размеры и технические требования».

Экологический знак соответствия по СТБ 1458-2004, используемый для



XX – буквенный код органа, реализующего программу экологической маркировки типа I



свидетельства экологической сертификации СУОС предприятия, наносится на групповую потребительскую тару, может использоваться при оформлении товаросопроводительной документации, рекламных материалов и фирменных бланков (рисунок 14.2).

Таким образом, экологическая сертификация направлена на стимулирование производителей к использованию технологических процессов и выпуску



Экологическая сертификация систем управления окружающей средой

Рисунок 14.2 – Экологический знак соответствия

товаров, минимально загрязняющих окружающую среду, и гарантирует потребителю безопасность продукции для жизни, здоровья и имущества.

Системы экологической сертификации в настоящее время существуют во многих странах: Австрии, Канаде, Чечни, Словакии, Венгрии, Нидерландах, Германии и др.

Во Франции с 1992 г. введена экологическая маркировка знаком «NF Environnement», который присваивается непродовольственной продукции на основании определения критериев, отнесенных ко всему жизненному циклу.

В Нидерландах еще более расширены определения экологических критериев на продукцию: при экологической сертификации осуществляется анализ потребления энергии и сырья, эмиссии загрязняющих веществ в окружающую среду, возможность многократной регенерации и др.

В Швеции с 1970 г. введена экологическая система знака «Hall Svergent», которая также использует методику определения критических показателей на всей протяженности жизненного цикла.

На основе американской системы экологической сертификации заговорили о способах, предотвращающих загрязнение окружающей среды. Знаком в

виде широкой прерывающейся спиралеобразной ленты со стрелкой («ресайклинг» – петля Мебиуса) обозначают товары или упаковку, изготовленные из вторичного сырья (например, из полимеров), а также поддающиеся повторному использованию. Содержание в них вторичного сырья составляет не более 30 %. Данный знак олицетворяет замкнутый цикл «создание – применение – утилизация – воссоздание».

Способы и призывы не загрязнять окружающую среду упаковкой, сдавать ее на вторичную переработку или складывать в специальные мусоросборники могут иметь изображение человека с мусорным баком.

В Германии развитие экологической сертификации связано с широким распространением в конце 1970-х гг. программ ООН по защите окружающей среды. Продукция, маркированная знаком «Голубой ангел», отвечала установленным критериям, гарантировавшим экологическую безопасность. Например, автомобиль, имеющий такой экологический знак, был оборудован надежной системой очистки выхлопных газов; стиральные порошки имели небольшое содержание экологически опасных веществ, которые после использования порошка быстро разлагались на более безопасные компоненты, и т.п.

Одним из наиболее распространенных направлений, приобретающих в последнее время характер транснационального, является адаптация нового немецкого законодательства об утилизации и вторичном использовании упаковки с нанесением экологического знака на упаковку «Зеленая точка» (Dergrüne Punkt).

«Зеленая точка» размещается на упаковке и обозначает, что:

- на нее распространяется гарантия возврата, приема и вторичной переработки маркированного упаковочного материала;
- производитель или продавец маркированного товара подписали с фирмой DSD, разработавшей этот знак, контракт на применение знака «Зеленая точка» и вносят соответствующую лицензионную плату; после использования маркированной знаком упаковка является собственностью одной из организаций, действующих в рамках DSD;
- расчет лицензионной платы производится в зависимости от объема, иногда размера или массы упаковки;
- финансирование этих организаций осуществляется за счет средств, полученных от продажи права маркирования упаковки товаров знаком «Зеленая точка»;
- контракт на право использования знака «Зеленая точка» чаще всего заключается с изготовителем товаров, но иногда при продаже безымянных товаров через торговую сеть этот контракт может быть заключен с торговой организацией;
- подписанный контракт учитывает только определенные виды упаковки, на которые существует гарантия вторичной переработки;
- лицензионная плата за использование этого знака применяется только для товаров, продаваемых на рынке Германии;
- экспортные товары не используются для финансирования системы независимо от того, маркированы они знаком «Зеленая точка» или нет.

Отдельные российские и белорусские изготовители тоже начали маркировать свою продукцию знаком «Зеленая точка». Однако при отсутствии отлаженной системы вторичного использования и утилизации наличие этого знака

на упаковке не обязывает специализированные организации принимать и перерабатывать упаковочные материалы со знаком «Зеленая точка».

В настоящее время многие страны мира, особенно западноевропейские, заинтересованы во внедрении у себя системы, подобной немецкой. Похожие системы внедряются во Франции и Голландии; продолжается обсуждение директив, касающихся вторичной переработки упаковки в рамках ЕС. Наличие экологического сертификата является определяющим фактором конкурентоспособности продукции.

Позже на основе немецкой системы экологической сертификации и знака «Голубой ангел» были разработаны региональная система экологической сертификации ЕС и знак экологического маркирования ЕС – «СЕ». Ее принципы основаны на превентивных мероприятиях: легче предупредить опасность и убытки, чем ликвидировать источники загрязнения окружающей среды.

Дополнительная экологическая маркировка, рекомендованная Советом ЕС, включает знак в виде цветка, бутон которого состоит из звездочек, а пестик имеет форму буквы Е. Он может быть двух цветов – зеленого и голубого, а может быть нанесен черным или белым цветом на белом или черном фоне. Эта маркировка не распространяется на пищевые продукты, напитки и лекарственные препараты.

14.5. Экологическая паспортизация хозяйственных объектов

В соответствии с действующим экологическим законодательством не только на проектируемые, но и на все действующие объекты хозяйственной деятельности должны быть составлены *экологические паспорта предприятий*.

Экологический паспорт предприятия предназначен для:

- осуществления государственного контроля за соблюдением субъектами хозяйственной и иной деятельности нормативов в области охраны окружающей среды, в том числе технологических нормативов, и иных требований в области охраны окружающей среды;

- комплексного учета используемых природных и вторичных ресурсов;

- определения уровня влияния производства на окружающую среду;

- определения соответствия уровня производства наилучшим доступным техническим образцам.

Согласно Инструкции по ведению экологического паспорта предприятия, утвержденной Постановлением Министерства ПРиООС РБ 01.12.2008 г. № 107, в паспорте содержится комплекс данных, выраженных через систему показателей, отражающих уровень использования предприятием природных ресурсов и степень воздействия его хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду.

Экологический паспорт разрабатывается для действующего предприятия в целом. Он разрабатывается предприятием либо специализированной организацией на договорной основе, утверждается руководителем и передается в территориальный орган Министерства ПРиООС.

В экологический паспорт предприятия должна быть включена также вся информация об арендаторах (при наличии арендных отношений) с указанием занимаемых площадей и вида деятельности. Каждый арендатор обязан самостоятельно за собственные средства разработать и вести экологический паспорт своего предприятия.

В экологический паспорт природопользователь обязан своевременно вносить дополнения (изменения). Дополнения (изменения) вносятся природопользователем:

- при реконструкции, расширении, техническом перевооружении, модернизации, изменении профиля и технологии производства;
- по состоянию на 1 января года, следующего за отчетным;
- по письменным замечаниям и предложениям Министерства ПРиООС или его территориальных органов по утвержденному экологическому паспорту природопользователя;
- при изменении (дополнении) данных, внесенных в экологический паспорт предприятия, в т.ч. информации об арендаторах.

Изменения и дополнения в экологический паспорт предприятия в одном экземпляре передаются природопользователем в соответствующий территориальный орган Министерства ПРиООС.

За полноту и достоверность сведений, отраженных в экологическом паспорте предприятия, а также изменения и дополнения к нему, несет ответственность руководитель предприятия, утвердивший этот документ.

Экологический паспорт действующего предприятия разрабатывается на срок эксплуатации предприятия по форме, утвержденной приказом Министерства ПРиООС 27.11.2009 г. №342-ОД.

К экологическому паспорту предприятия должны прилагаться оригиналы или копии всей исходной документации, подтверждающей достоверность приведенных данных и сведений, заверенные руководителем предприятия или его заместителем. Перечень необходимых приложений приводится в Инструкции по ведению экологического паспорта предприятия, который состоит из 30 документов.

Также в составе экологического паспорта предприятия должен быть лист регистрации изменений, которые в него вносятся на протяжении действия предприятия.

14.6. Экологический аудит

Одним из важных рычагов экологизации управления действующих предприятий является *экологический аудит*. *Экологический аудит* представляет собой *независимую комплексную документированную проверку соблюдения юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями, осуществляющими хозяйственную и иную деятельность, требований, в том числе НПА и ТНПА, в области охраны окружающей среды, требований международных стандартов и подготовку рекомендаций по снижению (предотвращению) вредного воздействия такой деятельности на окружающую среду.*

В соответствии со ст. 97 Закона РБ «Об охране окружающей среды» экологический аудит проводится в целях обеспечения экологической безопасности, определения путей и способов уменьшения риска вредного воздействия на окружающую среду хозяйственной и иной деятельности путем независимой проверки такой деятельности на соответствие требованиям в области охраны окружающей среды и иным показателям, установленным законодательством РБ. Экологический аудит финансируется *за счет средств экоаудируемого субъекта*.

Экологический аудит проводится:

- в обязательном порядке в случаях, предусмотренных законодательными актами, например, при приватизации предприятий, а также при банкротстве или ликвидации юридического лица, оказывающего вредное воздействие на окружающую среду;

- в инициативном порядке по решению заказчика экологического аудита, определяющего цели, направленность и объекты экологического аудита.

Экологический аудит проводится в форме:

- *полного экологического аудита*, то есть в форме комплексной проверки воздействий на окружающую среду всех направлений хозяйственной и иной деятельности экоаудируемого субъекта, связанных с природопользованием и охраной окружающей среды;

- *специализированного экологического аудита*, то есть в форме проверки воздействий на отдельные компоненты природной среды всех направлений хозяйственной и иной деятельности экоаудируемого субъекта, связанных с природопользованием и охраной окружающей среды.

Экоаудит проводится в виде:

- проверки состояния окружающей среды в границах санитарно-защитной зоны объектов экоаудируемого субъекта, в процессе деятельности которого оказывается воздействие на окружающую среду;

- проверки на соответствие требованиям законодательства в области охраны окружающей среды хозяйственной и иной деятельности экоаудируемого субъекта, а также сооружений, производств, цехов и иных объектов, эксплуатация которых оказывает или может оказать воздействие на состояние окружающей среды;

- проверки документации (проектной, технической, технологической, эксплуатационной и др.) на соответствие законодательству в области охраны окружающей среды;

- проверки соответствия инвестиционных проектов законодательству в области охраны окружающей среды;

- оценки возможности возникновения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера;

- оценки вреда, нанесенного окружающей среде.

Экологический аудит должен проводиться аудиторской организацией, имеющей на это специальное разрешение (лицензию), и аттестованными экологическими аудиторами в соответствии с Правилами проведения экологического аудита, утвержденными Министерством ПриОЭС 27.03.2006 г. № 19.

Экоаудитор имеет право проводить экологический аудит в качестве индивидуального предпринимателя или в качестве работника экоаудиторской организации.

Экоаудиторская организация должна обеспечить каждого экоаудитора и технического эксперта, привлекаемого для проведения экологического аудита, идентификационной пластиковой карточкой, которая является документом, удостоверяющим его полномочия и предъявляемым по требованию заказчика экологического аудита и (или) экоаудируемого субъекта либо должностных лиц государственных органов, которые в пределах своей компетенции контролируют проведение экологического аудита.

Экологический аудит не включает в себя вопросы экологической экспертизы проектной документации и проводится при решении следующих задач:

- организация природоохранной деятельности на промышленных и иных предприятиях;
- изменение формы собственности или управления;
- заключение договоров на экологическое страхование;
- финансирование крупных экологических мероприятий или программ;
- инвестирование в природоохранную, хозяйственную и иную деятельность;
- выдача лицензий на отдельные виды деятельности.

Экологический аудит отличается от оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС) тем, что он предусматривает анализ действующего объекта в данный момент, а также последствия хозяйственной деятельности за предыдущий период. При проведении ОВОС изучается потенциальное воздействие проектируемого объекта в случае его реализации в будущем.

14.7. Экологическое страхование

Физическая и моральная изношенность технологического оборудования большинства крупнейших промышленных предприятий страны создает реальную угрозу возникновения техногенных экологических катастроф. Кроме того, не искоренены и экологические правонарушения, чреватые серьезными последствиями негативного характера для экономики и социальной сферы государства. Поэтому в соответствии со ст. 85 Закона РБ «Об охране окружающей среды» планируется ввести обязательное страхование гражданской ответственности юридических лиц и индивидуальных предпринимателей по защите имущественных интересов граждан и организаций, а также страны и ее административно-территориальных единиц при причинении экологического вреда. Экологическое страхование осуществляется в соответствии с законодательством РБ о страховании.

Основной задачей экологического страхования является аккумулярование и перераспределение финансовых средств для их дальнейшего использования на реальное возмещение ущерба, причиненного окружающей среде, проведение предупредительных мероприятий, а также снижение расходов средств бюджета

тов всех уровней на ликвидацию последствий загрязнения окружающей среды вследствие аварийных или иных случаев. При этом бюджет освобождается от расходов на возмещение убытков, и появляется один из наиболее стабильных источников долгосрочных инвестиций в сферы, связанные с сохранением окружающей среды, проведением мероприятий по обеспечению защиты населения и территорий страны от негативного антропогенного воздействия, повышением экологической безопасности хозяйственной деятельности природопользователей, оздоровлением экологической обстановки в регионах.

Экологическое страхование, как система страхования различных видов рисков в сфере природопользования и охраны окружающей среды, может осуществляться как *в обязательной*, так и *добровольной формах*. Такими видами могут быть:

- страхование ответственности хозяйствующих субъектов за вред, причиненный загрязнением окружающей среды; страхование ответственности природопользователей за ненадлежащее выполнение обязательств по договорам природопользования;
- страхование финансовых рисков природопользователей;
- страхование природных ресурсов, на которые имеются права собственности;
- страхование имущества юридических и физических лиц от негативного воздействия загрязненной окружающей среды; страхование физических лиц от несчастных случаев и болезней в связи с вредным воздействием загрязненной окружающей среды.

Страховая защита должна включать в себя:

- расходы на мероприятия по расчистке территории, которые необходимо произвести после страхового случая;
- расходы на оценку затрат и составление сметы на проведение восстановительных работ;
- расходы на восстановление природной среды в соответствии со сметой проведения восстановительных работ;
- возмещение вреда, причиненного жизни и здоровью граждан в результате негативного воздействия загрязненной окружающей среды.

Система экологического страхования может включать в себя следующие направления:

-страхование ответственности, например, ответственности предприятий и учреждений, являющихся источниками повышенной опасности за причинение вреда окружающей природной среде, ответственность перевозчика (опасных грузов) и др.;

-имущественное страхование, например, страхование земельных объектов на случай нанесения им вреда вследствие экологической аварии или катастрофы;

-личное страхование граждан, например, страхование жизни и здоровья работников предприятий и учреждений, относящихся к категории источников повышенной опасности. Оно является важной составляющей системы социальной защиты человека.

Экологические проблемы современности



1



2



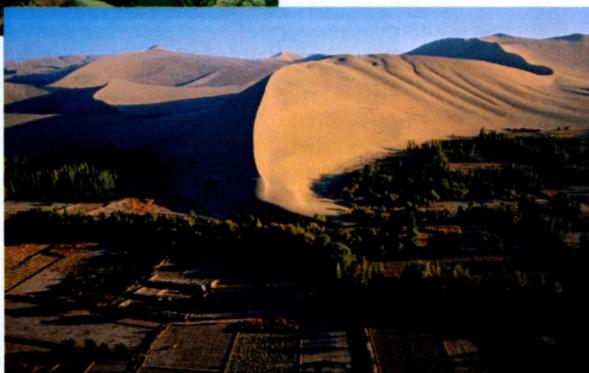
3

1 - смог; 2 - выбросы загрязнителей; 3 - утечка нефтепродуктов

Экологические проблемы современности



1



2



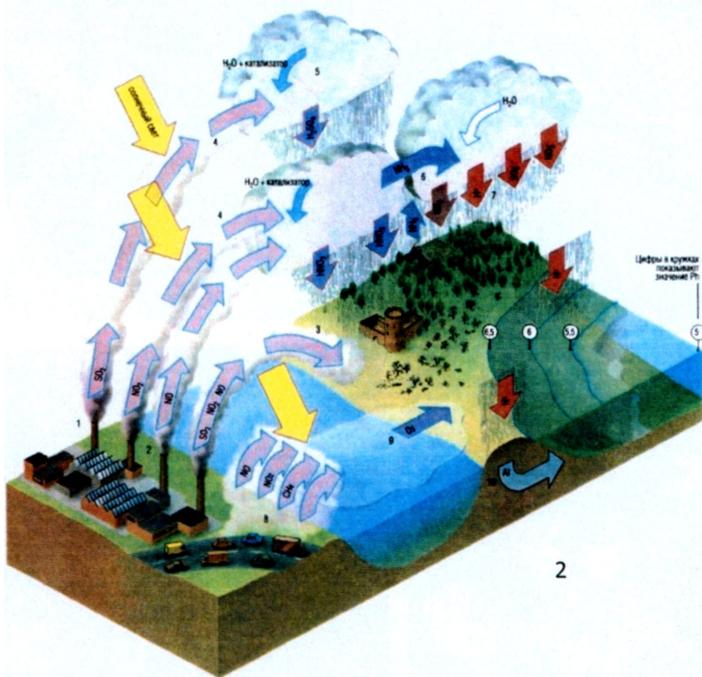
3

1 - эвтрофикация водоемов; 2 - опустынивание; 3 - загрязнение водных ресурсов нефтепродуктами

Экологические проблемы современности



1



2

1 - парниковый эффект; 2 - формирование кислотных осадков

Жизненные формы организмов



1



2



3



4



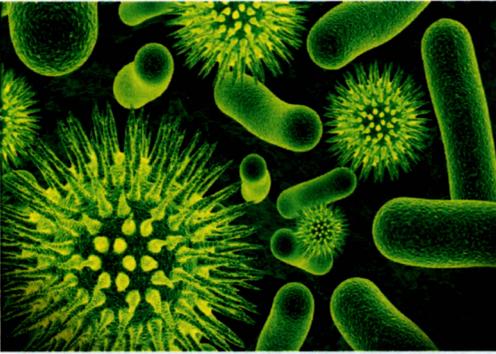
5



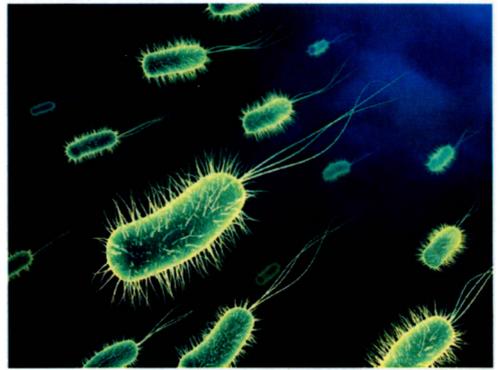
6

1 - автотроф (морощка) и гетеротроф (росянка); 2 - гетеротроф (раффлезия);
3, 4 - ксерофиты; 5 - литофит (скальная лелия); 6 - микротермы (миндаль низкий)

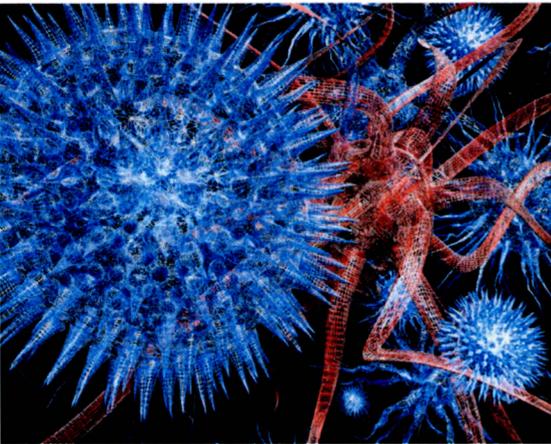
Жизненные формы организмов



1



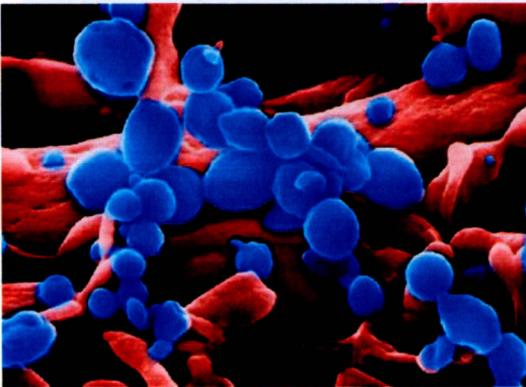
2



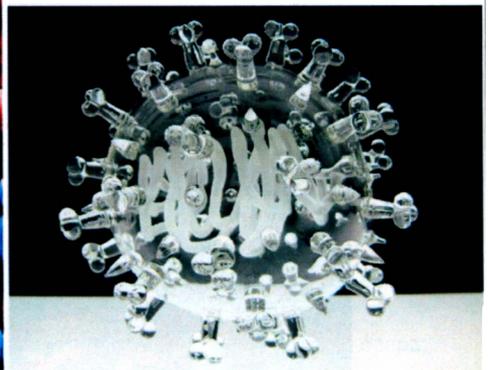
3



4



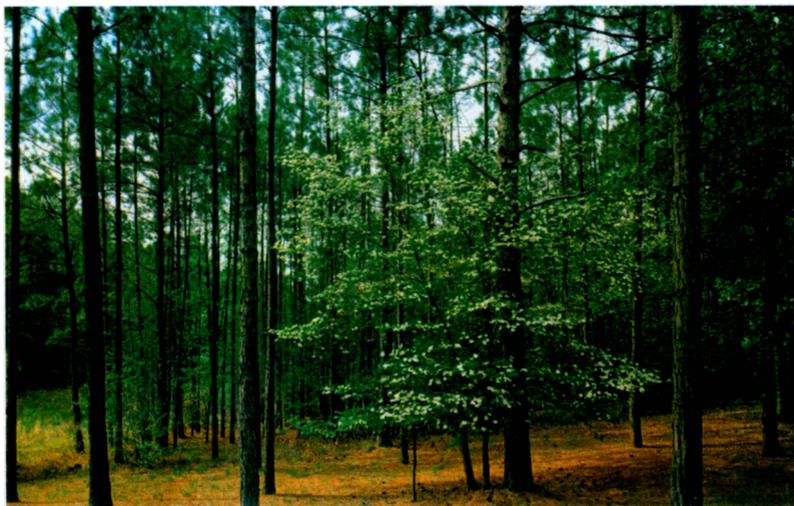
5



6

1 - бактерии; 2 - планктон;
3, 4 - вирус гриппа; 5 - вирус птичьего гриппа; 6 - вирус свиного гриппа

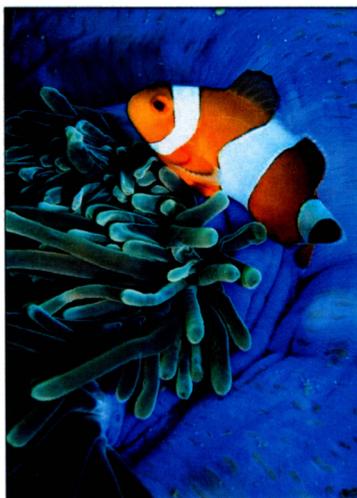
Биотические взаимоотношения организмов



1



2



3



4

- 1 - аменсализм;
- 2 - паразитизм;
- 3 - комменсализм ;
- 4 - симбиоз

Особо охраняемые природные территории



1



3



2



4



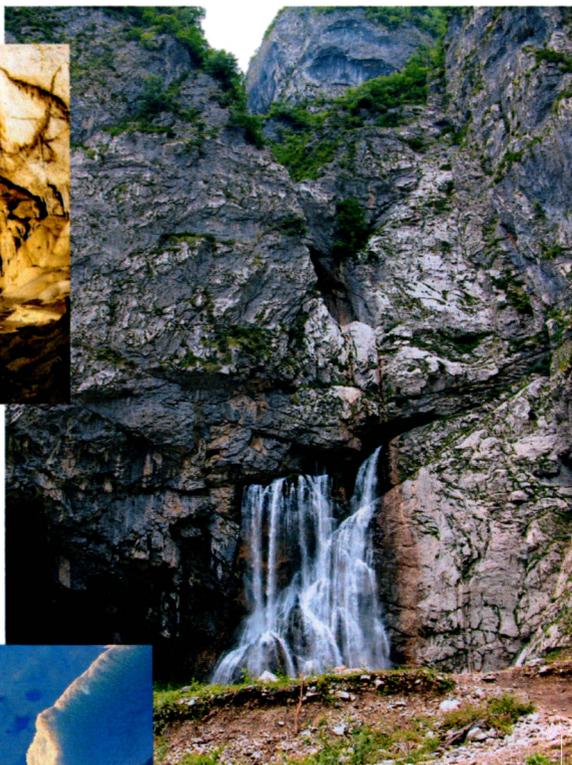
5

1, 2 - Национальный парк Беловежская пуща;
3 - Заказник "Споровский";
4 - Национальный парк Браславские озера;
5 - Национальный парк Нарочанский

Ресурсы гидросферы



1



2



3



4

- 1 - карстовая пещера;
- 2 - карстовые воды;
- 3 - ледник;
- 4 - карст

Мировое потребление пресной воды

the global water footprint



The 'water footprint' of a country is defined as the volume of water needed for the production of goods and services consumed by the inhabitants of the country.

amount of freshwater available



countries most dependent on water imports



70% of existing freshwater is withdrawn for irrigation in agriculture

the highest water footprints per capita



highest renewable water resources



water footprint of different foods



More than **2.8 billion** people in **48 countries** will face water stress or scarcity conditions by **2025**. By the middle of the century, this will have reached almost **7 billion**.

Source: Waterfootprint.org and WWF

Инженерная защита гидросферы



1

2

- 1 - очистные сооружения г. Бреста;
- 2 - аэротенк-отстойник;
- 3 - аэротенк-смеситель



3

**Экологические знаки соответствия
(в соответствии с СТБ 1458-2004)**



XX
1



XX
2



3

- 1 - экологический знак соответствия для групп однородной продукции;
- 2 - экологический знак соответствия для групп продукции, не имеющей аналогов в Республике Беларусь;
- 3 - знак, используемый для свидетельства экологической сертификации системы управления окружающей средой

Экологические знаки маркировки



1



2



3



4



5



6



7



8



9



10



11



12

- 1, 2 - "Голубой Ангел" (Германия); 3 - "Экологический выбор" (Канада);
 4 - "Белый лебедь" (Скандинавские страны); 5 - "Эко-знак" (Япония);
 6 - знак соответствия международным органическим стандартам Исеа;
 7, 8, 9 - знаки соответствия требованиям добровольных органических стандартов и правил;
 10, 11, 12 - знаки маркировки, подтверждающие экологические преимущества сертифицированной продукции согласно требованиям международных стандартов

Экологические знаки маркировки



1



2



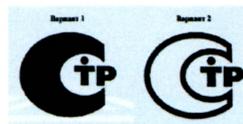
3



4



5



6



7



8



9



10



11

- 1, 2, 3 - Система добровольной экологической сертификации «Листок Жизни»;
4, 5 - знаки соответствия сертификации;
6 - знак соответствия БелСТ (Система сертификации Республики Беларусь);
7 - знак соответствия ГОСТТК (ГОСТ К) (система сертификации Республики Казахстан);
8 - знак соответствия маркированного товара требованиям технического регламента;
9 - знак «Без генетически модифицированных организмов»;
10 - знак соответствия продукции базовым требованиям документов «Директивы Евросоюза»;
11 - знак «Зеленая точка»

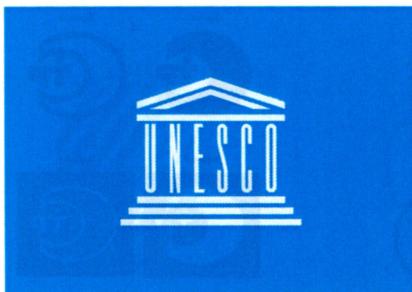
Флаги Международных организаций ООН



1



2



3



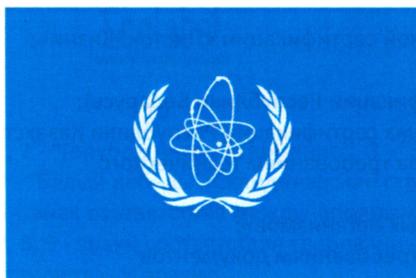
4



5



6



7



8

1 - ООН; 2 - детский фонд ЮНИСЕФ; 3 - ЮНЕСКО; 4 - ВОЗ; 5 - ВМО; 6 - МОТ;
7 - МАГАТЭ; 8 - СНГ

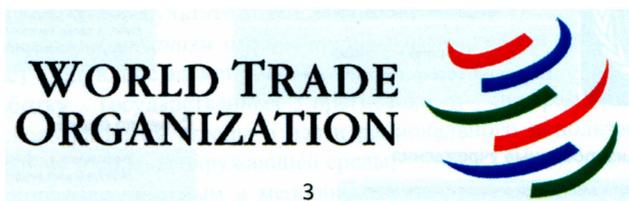
Логотипы



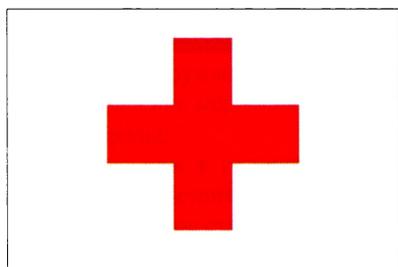
1



2



3



4



5

- 1 - логотип Программы ООН по охране окружающей среды ЮНЕП;
2 - логотип МФО; 3 - логотип ВТО; 4 - логотип Красного Креста;
5 - логотип ФАО

Структура Организации Объединенных Наций

Генеральный секретарь

Глава Секретариата
Лидер ООН, представляет и делает заявления от её лица. Сообщает СБ о возможных угрозах миру.
(избирается на 5 лет)

Секретариат

Обеспечивает работу ООН
Разнообразная сфера деятельности. Руководство миротворческими операциями, посредничество в международных спорах, составление обзоров экономических и социальных тенденций, доклады по правам человека и развитию и др.

Совет Безопасности

15 стран

Несет главную ответственность за поддержание международного мира и безопасности.

- вводит международные санкции
- направляет миротворческие силы ООН
- санкционирует проведение военных операций

Постоянные члены: «право вето» 5



Временные члены: 10
(избираются на 2 года)



Генеральная Ассамблея ООН ¹⁹² стран

Главный совещательный, директивный и представительский орган.

1 страна = 1 голос
Ежегодные сессии: сентябрь - декабрь

Международный суд ООН ^{15 судей}

Разрешение споров и разногласий.

Занимается вопросами территориальных и пограничных споров, незаконного применения силы, а также консультирует Совет Безопасности, Генассамблею и другие органы ООН.

Специализированные учреждения

Самостоятельные международные организации, созданные ООН для решения специализированных задач.

ЮНЕСКО, ВОЗ, ФАО, МОТ, МАГАТЭ, ВТО и др.

Программы и фонды

ЮНКТАД - Конференция ООН по торговле и развитию.
ЮНИСЕФ - Детский фонд ООН.
ЮНЕП - Программа ООН по окружающей среде
ООН-Хабитат - Программа ООН по населённым пунктам, и другие проекты.

Совет по опеке

Управление и наблюдение за подопечными территориями

1 октября 1994 года приостановил деятельность.

Экономический и социальный совет

Координирует сотрудничество в экономической, социальной областях ООН и её специализированных учреждений.



Тема 15. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

15.1. Эколого-экономический учет природных ресурсов и загрязнителей

Экономический механизм природопользования основан на принципе «загрязнитель платит». Этот принцип отражен на Орхусской конференции (Дания, 1998 г.) в докладе «Финансирование природоохранной деятельности в странах ЦВЕ/СНГ: выводы и рекомендации», представленным Специальной рабочей группой при поддержке Секретариата Организации экономического сотрудничества (ОЭСР).

Экономический механизм природопользования определяет источники финансирования деятельности по охране окружающей среды и рациональному природопользованию, ее экономическое стимулирование, плату за природопользование, а также возмещение вреда в связи с негативными изменениями окружающей среды в результате хозяйственной и иной деятельности.

Экономический механизм охраны окружающей среды и природопользования включает следующие элементы:

- разработку государственных прогнозов и программ социально-экономического развития страны в части рационального использования природных ресурсов и охраны окружающей среды;
- финансирование программ и мероприятий по рациональному использованию природных ресурсов и охране окружающей среды;
- создание фондов охраны природы;
- установление платежей за природопользование;
- проведение экономической оценки природных ресурсов;
- проведение экономической оценки воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду;
- установление мер экономического стимулирования в области охраны окружающей среды;
- возмещение в установленном порядке вреда, причиненного в результате вредного воздействия на окружающую среду;
- экологическое страхование;
- иные экономические меры, направленные на охрану окружающей среды.

Экономический механизм охраны окружающей среды и природопользования может реализовываться через:

1. Рыночно-ориентированные инструменты:

- природно-ресурсные платежи и платежи за загрязнение среды;
- рыночные цены на природные ресурсы;
- механизм купли-продажи прав на загрязнение природной среды;
- залоговая система;

- интервенция с целью коррекции рыночных цен и поддержки производителей (в том числе на рынках рециклируемых отходов);
- методы прямых рыночных переговоров.

2. *Финансово-кредитные инструменты:*

- формы и инструменты финансирования природоохранных мероприятий;
- кредитный механизм охраны окружающей среды, займы, субсидии и пр.;
- режим ускоренной амортизации природоохранного оборудования;
- экологические и ресурсные налоги;
- система страхования экологических рисков.

Экономический механизм охраны окружающей среды и природопользования включает 4 направления деятельности:

1 направление – планирование и финансирование природоохранных мероприятий;

2 направление – льготное кредитование и экономическое стимулирование природоохранной деятельности;

3 направление – взимание налогов и других платежей за использование природных ресурсов и загрязнение окружающей среды;

4 направление – возмещение вреда, причиненного окружающей среде.

На государственном уровне для успешной реализации экологической политики государства, первоочередного решения наиболее важных экологических проблем, оптимального расходования средств на эти цели планирование деятельности по охране окружающей среды и рациональному использованию природных ресурсов осуществляется путем разработки соответствующих документов и программ. В настоящее время в республике разработан основной документ для долговременного природоохранного планирования – *Основные направления политики в области охраны окружающей среды РБ на период до 2025 г.*

Этим документом определена, прежде всего, *стратегическая цель охраны окружающей среды* на долгосрочный период – *достижение более высокого качества среды обитания, обеспечивающей экологически благоприятные условия проживания населения на территории республики; содействие решению глобальных и региональных экологических проблем, устойчивому социальному и экономическому развитию страны.*

Решение стратегических задач в области природопользования и охраны окружающей среды с учетом социального и экономического развития предусматривается и в Национальной стратегии устойчивого социально-экономического развития страны, которая разрабатывается на 15 лет. Кроме того, для решения наиболее значимых для страны проблем экологической безопасности и рационального природопользования разрабатываются специальные целевые программы.

Для решения среднесрочных задач разрабатываются и реализуются пятилетние Национальные планы действий по рациональному использованию природных ресурсов и охране окружающей среды, а также по гигиене окружающей среды.

Территориальное экологическое планирование осуществляется в рамках территориальных комплексных схем охраны окружающей среды (ТерКСОС), а также эти вопросы включаются в схемы комплексной территориальной организации административных единиц всех уровней и схемы землеустройства районов.

Выполнение запланированных программ и мероприятий не может быть осуществлено без соответствующего их финансирования. Его источниками по действующему природоохранному законодательству могут выступать средства республиканского и местных бюджетов, государственных целевых бюджетных фондов охраны природы, юридических лиц и индивидуальных предпринимателей, граждан РБ и иностранных граждан, кредиты банков, иностранные инвестиции, другие внебюджетные источники.

Для финансирования мероприятий по рациональному природопользованию и охране окружающей среды в нашей стране созданы *государственные целевые бюджетные фонды охраны природы*. Источниками формирования средств фондов являются экологические налоги; средства, получаемые в счет возмещения вреда окружающей среде; штрафы за сверхнормативное и сверхлимитное загрязнение окружающей среды, иные нарушения природоохранного законодательства.

В настоящее время средства фондов охраны природы расходуются преимущественно на бесперебойное снабжение населения качественной питьевой водой; внедрение современных технологий очистки сточных вод; снижение загрязнения атмосферного воздуха за счет замены или модернизации систем очистки отходящих газов; решение проблем захоронения токсичных отходов; организацию производств по вовлечению в хозяйственный оборот вторичных материальных ресурсов; использование возобновляемых источников энергии; благоустройство зон отдыха и другие мероприятия.

За последние пять лет ежегодные затраты на охрану окружающей среды менялись как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения. Следует отметить, что в кризисные 2009-2010 гг. финансирование природоохранных мероприятий не только не снизилось, но даже несколько увеличилось по сравнению с 2005 г.

В структуре затрат преобладают затраты на охрану и рациональное использование водных ресурсов. За последнее 5-тилетие они составили более половины всей величины природоохранного финансирования (54,4 %). На охрану атмосферного воздуха приходится приблизительно пятая часть затрат (20,9 %). Наименьшая часть средств направляется на капитальный ремонт действующего природоохранного оборудования.

Общие затраты на охрану окружающей среды составляют в республике примерно 2 % от ВВП. Кроме того, около 1 % ВВП расходуется на преодоление последствий катастрофы на ЧАЭС.

В затратах на охрану окружающей среды и рациональное природопользование особое значение имеют *инвестиции в основной капитал*. Эти инвестиции, прежде всего, характеризуют степень обновления основных фондов при-

родоохранного назначения (природоохранное оборудование и экологоориентированные технологии), чем обеспечиваются материальные предпосылки инновационного развития данной сферы.

С 2005 по 2010 г. доля инвестиций в общей величине затрат на охрану окружающей среды составила в среднем 30 %. Максимальная ее величина приходится на 2009 г. (37 %). Сохранение положительной динамики показателя инвестиций в основной капитал природоохранного назначения является весьма оптимистичным, т.к. это говорит о том, что за эти годы произошло существенное обновление материальной базы охраны окружающей среды, что является одной из основных задач принятых программ и национальной стратегии устойчивого развития нашей республики.

Катализатором внутреннего инвестирования часто выступает привлечение внешнего финансирования. Внешние источники дополняют внутреннее финансирование. Помощь доноров предоставляется чаще всего в виде безвозмездных ссуд (грантов) и обычно расходуется на оказание технической поддержки. Международные финансовые учреждения, такие, например, как Всемирный банк реконструкции и развития, выделяют также средства в виде займов на более выгодных условиях, чем на внутреннем рынке страны-получателя.

Комитет по подготовке проектов представляет собой структуру доноров и международных финансовых учреждений, сотрудничество которых позволяет значительно ускорить и увеличить экологические инвестиции в страну-получатель.

Существует также Глобальный экологический фонд, который предоставляет гранты и льготные займы для покрытия согласованных дополнительных расходов на реализацию утвержденных глобальных экологических планов.

В РБ для финансирования природоохранных мероприятий также создаются *целевые бюджетные фонды охраны природы*. Источниками их формирования являются экологические налоги; средства, полученные в счет возмещения вреда, причиненного природопользователями окружающей среде; штрафы за сверхнормативное загрязнение окружающей среды и иные нарушения природоохранного законодательства.

Экономическое стимулирование охраны окружающей среды осуществляется на основе:

- установления отдельным категориям юридических и физических лиц налоговых и иных льгот при внедрении ими малоотходных, энерго- и ресурсосберегающих технологий, специального оборудования, снижающего вредное воздействие на окружающую среду, при использовании отходов в качестве вторичного сырья и осуществления иной природоохранной деятельности;
- ускоренной амортизации оборудования и других объектов, предназначенных для охраны и оздоровления окружающей среды.

В настоящее время основным *механизмом экономического регулирования охраной окружающей среды* выступает *экологический налог*, который состоит из следующих видов платежей:

- за использование (изъятие, добычу) природных ресурсов, выбросы (сбросы) загрязняющих веществ в природную среду, размещение отходов производства;

- за производство и (или) импорт пластмассовой, стеклянной тары, тары на основе бумаги и картона, иных товаров, после утраты потребительских свойств которых образуются отходы, оказывающие негативное влияние на окружающую среду и требующие организации систем их сбора, обезвреживания и (или) использования; за импорт товаров, упакованных в пластмассовую, стеклянную тару, тару на основе бумаги и картона;

- за импорт и производство товаров, содержащих более 50 % летучих органических соединений;

- за ввоз на территорию страны озоноразрушающих веществ.

На сегодняшний день в нашей стране создана система льгот для категорий плательщиков экологического налога, осуществляющих природоохранные мероприятия. Эти мероприятия должны быть направлены на снижение выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух; сбросов сточных вод и объемов образования отходов.

Налоговые льготы также распространяются на предприятия, внедряющие международные экологические стандарты ИСО серии 14 000.

Первоначально система экономического регулирования природопользования носила в большей степени фискальный характер, т.к. экологические платежи не имели реального влияния на техническое и финансовое состояние предприятий-загрязнителей.

В настоящее время данная система в большей степени направлена на стимулирование природопользователей к снижению негативного воздействия на окружающую среду за счет развития принципов платности природопользования и возмещения вреда, причиненного окружающей среде.

Для усиления стимулирующей роли экологического налога его ставки периодически корректируются. Ставки экологического налога определяются и утверждаются Советом Министров РБ.

Также осуществляется *упрощение налоговой системы*. С этой целью в 2008 г. в 11 раз сокращен перечень облагаемых экологическим налогом загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферный воздух. Одновременно увеличены ставки экологического налога на те вещества, которые им облагаются.

С 2009 г. из плательщиков экологического налога исключены природопользователи, у которых годовой объем образования неопасных отходов аналогичных коммунальным составляет 50 т и менее. Также из объектов налогообложения исключены объемы воды, используемые на технологические нужды при изготовлении алкогольных, безалкогольных, слабоалкогольных напитков и пива.

Именно посредством экологических платежей (налогов), вносимых предприятиями-загрязнителями, на практике осуществляется реализация принципа «загрязнитель платит». Кроме того, данные платежи играют важную стимулирующую роль, нацеливая предприятие на природоохранную реконструкцию и модернизацию производства. А на уровне общества они позволяют формировать фонды финансирования природоохранных мероприятий.

Из рыночных инструментов также заслуживает внимания *залоговая система*, представляющая собой установленные законодательным путем или в результате добровольных соглашений платежи, которые собираются при покупке потенциально опасных товаров и возвращаются при обратном поступлении использованной продукции. Этот механизм может применяться как своеобразная гарантия высокого уровня рециклинга самой продукции или ее упаковки. Рыночные интервенции проводятся, как правило, в виде субсидирования рыночных цен, например, на сырье, являющееся результатом переработки отходов. Необходимость в таком субсидировании и поддержке производителей возникает, когда существующие на рынке цены не покрывают затрат по рециклингу.

С целью обеспечения экономической заинтересованности субъектов хозяйственной деятельности в выполнении установленных лимитов природопользования за их превышение вводятся повышающие коэффициенты к ставкам экологического налога. Так, за использование природных ресурсов сверх лимита налог увеличивается в 10 раз, за сверхлимитные выбросы или сбросы – в 15 раз, за сверхлимитное размещение производственных отходов – в 5 раз.

Экономическое стимулирование охраны окружающей среды предусматривает установление льгот по налогообложению за внедрение малоотходных, энерго- и ресурсосберегающих технологий, использование отходов в качестве вторичного сырья, внедрение международных экологических стандартов ИСО серии 14 000, осуществление других природоохранных мероприятий, а также льготное кредитование и ускоренную амортизацию оборудования, предназначенного для охраны окружающей среды.

По мере развития рыночных отношений роль экономических методов регулирования природоохранной деятельности будет возрастать. На ближайшее пятилетие планируется реализовать еще ряд мер – разработку экономических методов стимулирования использования вторичных ресурсов; внедрение системы государственных субсидий для экологических проектов; внедрение метода ускоренной амортизации основных фондов объектов природоохранного назначения; уточнение методик расчета экологического налога; подготовку нормативной и методической документации по обязательному экологическому страхованию.

В будущем роль экономического механизма природопользования неизбежно будет возрастать с тем, чтобы обеспечить перевод экологической политики на принцип профилактики экологических проблем, а не их последующего дорогостоящего решения.

В соответствии с Национальной стратегией устойчивого социально-экономического развития РБ на период до 2020 г. планируется разработать следующие *меры по совершенствованию и реализации эколого-экономического механизма природопользования*:

- совершенствование природоохранного законодательства;

- стимулирование ресурсосбережения, учет в платежах за природные ресурсы ренты, а в платежах за загрязнение и деградацию природной среды – реально наносимого экономического ущерба;
- реализация инновационного механизма природоохранной и ресурсосберегающей деятельности;
- создание рынка экологических услуг, технологий и оборудования;
- разработка системы экономического стимулирования внедрения природоохранных технологий и оборудования с использованием системы дифференцированного кредитования, а также отбора наиболее экономичных видов оборудования при сопоставимой экологической результативности;
- минимизация экологического риска при планировании и осуществлении хозяйственной деятельности;
- обеспечение приоритетного финансирования государственных программ по рациональному использованию природных ресурсов и охране окружающей среды;
- учет экологических требований при приватизации предприятий и использование части полученных средств на экологизацию производства.

15.2. Возмещение вреда, причиненного окружающей среде

Дальнейшее совершенствование системы платы за специальное природопользование, очевидно, должно проводиться в сторону увеличения доли компенсации ущерба за деградацию окружающей среды вплоть до полного его возмещения. В настоящее время, по имеющимся оценкам, такое возмещение через налоговую систему и штрафные санкции в целом по республике составляют 10-20 %. В данном случае ключевым юридическим понятием является вред, причиненный окружающей среде.

Вред, причиненный окружающей среде, – отрицательное изменение окружающей среды или отдельных компонентов природной среды, природных или природно-антропогенных объектов в денежном выражении, выразившееся в их загрязнении, деградации, истощении, повреждении, уничтожении, незаконном изъятии и (или) ином ухудшении их состояния, в результате вредного воздействия на окружающую среду, связанного с нарушением требований в области охраны окружающей среды, иным нарушением законодательства РБ.

Порядок исчисления вреда, причиненного окружающей среде в результате осуществления хозяйственной или иной деятельности, определяется Указом Президента РБ «О таксах для определения размера возмещения вреда, причиненного окружающей среде» 24.06.2008 г. № 348, изменением к этому указу 03.12.2010 г. № 618, а также Положением о порядке исчисления размера возмещения вреда, причиненного окружающей среде, и составлении акта об установлении факта причиненного вреда окружающей среде, утвержденного Постановлением Совета Министров РБ 17.07.2008 г. № 1042.

Факт причинения вреда окружающей среде устанавливается и фиксируется территориальными органами Министерства ПриООС, Министерства лесного хозяйства, Министерства сельского хозяйства и продовольствия, Государственной инспекцией охраны животного и растительного мира при Президенте РБ, местными исполнительными и распорядительными органами, другими государственными органами, осуществляющими государственный контроль в области охраны окружающей среды в пределах своей компетенции.

Вред, причиненный окружающей среде, может быть определен уполномоченными государственными органами визуальным наблюдением, инструментальными или расчетными методами согласно нормативным правовым и техническим нормативным правовым актам.

Факт причинения вреда окружающей среде фиксируется уполномоченным государственным органом в акте об установлении факта причинения вреда окружающей среде.

К акту прилагаются карты, схемы, планы, фотографии, акты отбора проб, протоколы испытаний, другие материалы, подтверждающие факт причинения вреда окружающей среде.

Акт составляется в двух экземплярах, один из которых хранится уполномоченным государственным органом, его составившим, второй прилагается к претензии о возмещении вреда, причиненного окружающей среде.

При наличии оснований для начала административного процесса или возбуждения уголовного дела уполномоченный государственный орган составляет третий экземпляр, который направляется органу или лицу, ведущему административный процесс или обладающему правом возбуждения уголовного дела.

Акт подписывается должностным лицом, установившим факт причинения вреда окружающей среде.

Руководитель юридического лица, при его отсутствии – представитель юридического лица либо гражданин, в том числе индивидуальный предприниматель, при его отсутствии - представитель индивидуального предпринимателя обязаны подписать акт. При необходимости акт подписывается иными лицами, участвовавшими в установлении факта причинения вреда окружающей среде.

В случае отказа природопользователя или его представителя от подписания акта в нем делается соответствующая запись, и акт направляется лицу, причинившему вред окружающей среде (вручается его представителю). При этом лицо, отказавшееся от подписания акта, имеет право письменно изложить мотивы отказа от подписания акта.

При наличии возражений по акту подписывающие его лица делают об этом запись перед своей подписью и не позднее пяти рабочих дней со дня подписания акта представляют в письменном виде возражения в уполномоченный государственный орган. Данные возражения прилагаются к акту. По истечении установленного срока возражения к рассмотрению не принимаются.

Обоснованность доводов, изложенных в возражениях, проверяется уполномоченным государственным органом, и по ним составляется письменное заключение, с которым должны быть ознакомлены лица, представившие в установленном порядке возражения.

Размер возмещения вреда окружающей среде определяется по установленным Указами Президента РБ таксам в зависимости от количественных показателей (массы, концентрации, площади деградации земель, количества и видов диких животных, деревьев, кустарников и т.п.), степени опасности, продолжительности воздействия вредного фактора и др.

Вред возмещается лицом, ответственным за его причинение, по фактическим затратам на восстановление нарушенного состояния окружающей среды.

Затраты определяются исходя из видов и объема работ по восстановлению нарушенного состояния окружающей среды, включая затраты на разработку, рассмотрение, согласование, утверждение проектной документации, наблюдение за состоянием окружающей среды, компонента природной среды и прогноз его изменения в период проведения указанных работ, не полученные государством доходы.

В случае загрязнения земель (включая почвы) несколькими химическими и иными веществами за показатель деградации принимается суммарный показатель, рассчитываемый по следующей формуле:

$$Z_C = \sum_{i=1}^n K_C,$$

где Z_C – суммарный показатель кратности превышения норматива ПДК или ОДК химических и иных веществ, а при их отсутствии – показатель кратности превышения фоновой концентрации;

K_C – коэффициент, рассчитываемый как отношение содержания химического и иного вещества на контролируемом участке земли (включая почвы) к нормативу ПДК или ОДК данного вещества, а при его отсутствии – к показателю фоновой концентрации;

n – число учитываемых химических и иных веществ, превышающих нормативы ПДК или ОДК химических и иных веществ, а при их отсутствии – показатель фоновой концентрации.

Следует иметь в виду, что статья 102 Закона РБ «Об охране окружающей среды» предусматривает возмещение вреда личности и имуществу гражданина в результате вредного воздействия на окружающую среду. При этом вред, причиненный здоровью и имуществу граждан ухудшением состояния окружающей среды, вызванным деятельностью юридических лиц и граждан, подлежит возмещению в полном объеме. Возмещение вреда производится на основании решения суда по иску потерпевшего, членов его семьи, прокурора, специально уполномоченных органов и общественных организаций.



Тема 16. МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО В ОБЛАСТИ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Глобальные экологические проблемы затрагивают жизненные интересы всего человечества и требуют для своего решения коллективных усилий всех государств и мирового сообщества в целом. Основы международного сотрудничества в области охраны окружающей среды разработаны в Стокгольмской декларации 1972 г., среди которых можно выделить следующие принципы:

- неотъемлемого суверенитета над природными ресурсами;
- непричинения вреда природной среде;
- права на благоприятную окружающую среду;
- устойчивого развития;
- международной ответственности за причиненный ущерб;
- оценки и предотвращения трансграничных экологических последствий планируемой деятельности;
- запрещения экологической агрессии, экоцида;
- регулярного обмена информацией об экологической ситуации на национальном и региональном уровнях и другие.

РБ является стороной как двусторонних, так и многосторонних соглашений в области охраны окружающей среды. Особое место среди многосторонних договоров занимают общие договоры, посвященные вопросам, представляющим интерес для международного сообщества государств и направленных на создание общепризнанных норм международного права.

Основными направлениями международного сотрудничества РБ в области охраны окружающей среды являются:

- обеспечение выполнения обязательств, принятых в соответствии с международными договорами в области охраны окружающей среды;
- проработка вопросов о присоединении Республики Беларусь к новым многосторонним международным договорам и расширению участия страны в общеевропейских процессах;
- расширение договорно-правовых основ сотрудничества в области охраны окружающей среды с государствами - членами Европейского Союза и другими странами регионов Ближнего Востока Юго-Восточной Азии и Северной Африки;
- развитие и совершенствование двусторонних отношений с сопредельными государствами в области:
 - трансграничных охраняемых природных комплексов и объектов и совместных механизмов управления ими;
 - управления бассейнами трансграничных рек, подземными водными бассейнами и другими видами разделяемых природных ресурсов; сохранения и регулирования биоразнообразия;

- трансграничного мониторинга и обмена информацией о состоянии окружающей среды;
- совершенствования системы подготовки кадров на многосторонней и двусторонней основе, а также обмена специалистами в рамках взаимодействия с международными организациями и странами-партнерами;
- формирования долгосрочного стратегического партнерства с международными финансовыми организациями, странами-донорами, совершенствование системы подготовки инвестиционных проектов и проектов международной технической помощи.

Беларусь на постоянной основе поддерживает контакты с рядом межправительственных организаций: Программой ООН по окружающей среде (ЮНЕП), Всемирной метеорологической организацией (ВМО), Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ), Европейской экономической комиссией ООН по вопросам охраны окружающей среды и водным ресурсам (ЕЭК ООН), Программой развития ООН (ПРООН), Всемирным банком и Глобальным экологическим фондом (ГЭФ), Исполнительным органом Конвенции о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния, Международной справочной системой источников информации по окружающей среде, Организацией экономического сотрудничества и развития (ОЭС), Комиссией европейского сообщества и др.

За последние годы значительно расширилось сотрудничество с такими крупными международными организациями, как Совет Европы, ЮНЕСКО, МАГАТЭ, Всемирный банк, Евробанк, МСОП и др.

Приоритетным направлением в международном сотрудничестве в области охраны окружающей среды является развитие двухсторонних связей, прежде всего с государствами – членами Межгосударственного совета (МЭС) и другими сопредельными государствами, а также с потенциальными инвесторами (Германия, Швейцария, Дания, Голландия).

Подписаны и реализуются межправительственные соглашения о сотрудничестве в области охраны окружающей среды с Латвией, Литовской Республикой, Польшей, Российской Федерацией и Украиной, межведомственные – с Польшей, Данией, Молдовой, Литвой и Болгарией.

Определены приоритетные направления международного сотрудничества по реализации проектов: воды и водоочистка; опасные отходы (в том числе пестициды); устойчивое управление природными и лесными ресурсами.

Активно развивается сотрудничество между странами – участниками МЭС. Подписано Соглашение по информационному сотрудничеству в области экологии и охраны окружающей природной среды, а также Устав Межгосударственного экологического информационного агентства «Экоинформ». Одобрен МЭС проект Соглашения о взаимодействии в области рационального использования и охраны трансграничных водных объектов. Рекомендованы к подписанию проекты Соглашения по сотрудничеству в области экологического мониторинга и интеграции в международные системы мониторинга и Положения о межгосударственной системе экологического мониторинга, а также Устав Межгосударственного экологического фонда.

Особое внимание в развитии международного сотрудничества на многосторонней основе уделяется в республике организации и обеспечению выполнения международных конвенций и подписанных к ним протоколов, прежде всего в разработке национальных механизмов выполнения стратегий, планов действий, а также активизации сотрудничества с органами управления конвенциями.

Республика Беларусь является Стороной 13 глобальных и 9 региональных международных соглашений, а также 34 двусторонних и многосторонних договоров.

К настоящему времени подписаны и ратифицированы следующие конвенции и протоколы:

- 1) Конвенция 1979 г. о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния;
- 2) Протокол Конвенции о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния 1979 г., касающийся долгосрочного финансирования совместной программы наблюдения и оценки распространения загрязнителей воздуха на большие расстояния (ЕМЕП), 1984 г.;
- 3) Протокол о сокращении выбросов серы и их трансграничных потоков по меньшей мере на 30 %, 1985 г.;
- 4) Протокол об ограничении выбросов окислов азота или их трансграничных потоков, 1988 г.;
- 5) Венская Конвенция об охране озонового слоя, 1986 г.;
- 6) Монреальский Протокол о веществах, разрушающих озоновый слой, 1988 г.;
- 7) Конвенция ООН о биологическом разнообразии, 1993 г.;
- 8) Конвенция о международной торговле видами дикой фауны и флоры, находящимися под угрозой исчезновения (СИТЕС), 1999 г.;
- 9) Иоханнесбургская декларация по устойчивому развитию, 2002 г.;
- 10) Рамсарская Конвенция по водно-болотным угодьям, 1999 г.;
- 11) Базельская Конвенция о контроле за трансграничной перевозкой опасных отходов и их удалением, 1999 г.;
- 12) Рамочная Конвенция и Киотский протокол к Рамочной конвенции ООН об изменении климата, 1996 г., 2005 г.;
- 13) Конвенция о доступе к информации, участию общественности в процессе принятия решений и доступе к правосудию по вопросам, касающимся окружающей среды, 1998 г.;
- 14) Стокгольмская Конвенция о стойких органических загрязнителях, 2004 г.;
- 15) Конвенция об оценке воздействия на окружающую среду в трансграничном контексте (Эспо, 1991), 2006 г. и др.

Практические мероприятия по реализации вышеперечисленных конвенций и протоколов в республике осуществляются Правительством совместно с заинтересованными министерствами и ведомствами, что в конечном итоге способствует определенному улучшению экологической обстановки.

Так, выполняя принятые на себя обязательства в рамках Конвенции о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния, Беларусь ведет постоянную работу по сокращению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от предприятий и других объектов хозяйственной деятельности. Выполнены требования Протокола по ограничению выбросов оксидов азота, они снижены на территории республики до уровня 1987 г. Утверждена Республиканская Программа по сокращению использования озоноразрушающих веществ, одобренная Правительством и Всемирным банком.

В РБ с целью выполнения обязательств, вытекающих из положений Конвенции о биологическом разнообразии, разработан проект Стратегии сохранения биоразнообразия Республики Беларусь.

Проводится многоплановая работа по выработке политики и стратегии для реализации подписанной Конвенции по оценке воздействия на окружающую среду. С этой целью принят ряд законодательных актов, обязывающих заказчиков объектов хозяйственной деятельности проводить на предпроектной стадии оценку воздействия на окружающую среду (ОВОС).

Во исполнение требований Конвенции и вышеуказанных законодательных актов в республике разработана национальная процедура оценки воздействия планируемой деятельности на окружающую среду, которая увязана с положениями Конвенции об оценке воздействия на окружающую среду в трансграничном контексте.

Республикой Беларусь при поддержке Всемирного банка осуществляется международный проект Глобального экологического фонда «Первоочередные мероприятия по выполнению Стокгольмской Конвенции о стойких органических загрязнителях (СОЗ) в Республике Беларусь». В результате реализации данного проекта разработан и утвержден Национальный план выполнения положений Стокгольмской Конвенции, ставший основной государственной программой действий по предотвращению и минимизации отрицательного влияния СОЗ на окружающую среду и здоровье населения. Итогом выполнения этой программы станет полное прекращение производства и применения СОЗ, уничтожение их запасов, а также предотвращение появления новых стойких органических загрязнителей в окружающей среде.

Особенно большое внимание в международном сотрудничестве уделяется вопросам укрепления приграничного взаимодействия с сопредельными странами Украиной, Польшей, Литовской Республикой и другими странами. Приоритетным направлением сотрудничества с этими странами является охрана трансграничных водных объектов от загрязнения и осуществление совместного мониторинга их состояния.

В области международного технического сотрудничества в течение последних лет активно проводилась работа по реализации проектов международной технической помощи, в ходе которой в страну привлечены финансовые средства ПРООН/ГФ, Всемирного банка и Европейской комиссии.

Республика Беларусь выполняет все двусторонние правительственные и межведомственные соглашения и протоколы к ним в области охраны окружающей среды в рамках межгосударственного экологического совета стран СНГ.

В 1978 г. XIV Генеральная ассамблея МСОП одобрила и торжественно приняла Всемирную стратегию охраны природы. Республика Беларусь также приняла этот документ и планомерно выполняет его основные положения на своей территории.



ЛИТЕРАТУРА

1. Балашенко, С.А. Экологическое право / С.А. Балашенко, Д.М. Демичев – Мн.: Ураджай, 2000. – 398 с.
2. Демичев, Д.М. Экологическое право. Особенная часть / Д.М. Демичев. – Мн.: Ураджай, 2002. – 460 с.: ил.
3. Коробкин, В.И. Экология / В.И. Коробкин, Л.В. Передельский. – Ростов н/Дону: изд-во «Феникс», 2000. – 576 с.
4. Ливчак, И.Ф. Инженерная защита и управление развитием окружающей среды / И.Ф. Ливчак. – М.: Колос, 2001. – 159 с.: ил.
5. Маврищев, В.В. Основы экологии / В.В. Маврищев. – Мн.: Выш. шк., 2003. – 416 с.: ил.
6. Состояние окружающей среды Республики Беларусь : нац. доклад / М-во природ. ресур. и окружающей среды Республики Беларусь, Гос. науч. учр-е «Инс-т природопользования Нац. академии наук Беларуси». – Минск : Белта-можсервис, 2010. – 150 с.
7. Стадницкий, В.Г. Экология / В.Г. Стадницкий – СПб: Химия, 1997. – 340 с.
8. Челноков, А.А. Основы промышленной экологии / А.А. Челноков, Л.Ф. Ющенко. – Мн.: Выш. шк., 2001. – 343 с.: ил.
9. Яловая, Н.П. Инженерная гидроэкология / Н.П. Яловая, П.П. Строкач, О.П. Бурко. – Брест: Изд-во БрГТУ, 2010. – 296 с.: ил.
10. Строкач, П.П. Экология гидросферы / П.П. Строкач, Н.П. Яловая. – Брест: БГТУ, 2004. – 328 с.: ил.

Учебное издание

**Яловая Наталья Петровна
Строкач Петр Павлович**

ЭКОЛОГИЯ

КУРС ЛЕКЦИЙ

Рекомендовано

*Советом Брестского государственного технического университета
в качестве курса лекций для студентов технических специальностей
учреждений высшего образования*

Ответственный за выпуск *Н.П.Яловая*

Редактор *Е.А.Боровикова*

Компьютерный набор *Н.П.Яловая*

Компьютерная верстка *Е.А.Боровикова*

Корректор *Е.В.Никитчик*

ISBN 978-985-493-233-0



9 789854 932330

Лицензия № 02330/0549435 от 8.04.2009 г.

Подписано в печать 20.11.2012 г.

Формат 60×80 1/16. Бумага «Снегурочка».

Усл. печ. л. 23,25. Уч.- изд. л. 25,0. Заказ № 1243.

Тираж 200 экз. Отпечатано на ризографе
учреждения образования «Брестский
государственный технический университет».

227017, Брест, ул. Московская, 267.