

Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

Политехнического института
ФГОУ ВПО «Сибирский Федеральный Университет»

ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ

Конспект лекций

Красноярск 2007

УДК 621.002/658.382.3

П 17

П17 Промышленная экология: конспект лекций. /Сост. Т. А. Кулагина, Е. П. Грищенко, Л. Н. Горбунова, В. П. Кутузова, Е. А. Рыбникова

Конспект лекций составлен для студентов специальностей 280202 и 280201 дневной и заочной формы обучения по дисциплине «Промышленная экология». Даны общие характеристики производственных процессов и их экологические особенности, исследуются воздействия промышленности, транспорта и других видов человеческой деятельности на природу, выявляются условия влияния природной среды на функционирование предприятий и их комплексов. Даются основы для снижения негативного воздействия техносферы на природную среду путем рационального и комплексного использования сырьевых и энергетических ресурсов, а также при разработке экологической стратегии и политики развития производства.

ВВЕДЕНИЕ

Известный американский эколог Ю. Одум еще в 1963 г. назвал экологию наукой о строении и функциях природы в целом, а в его фундаментальной «Экологии» (1986) она трактуется уже как – междисциплинарная область знания об устройстве и функционировании многоуровневых систем в природе и обществе в их взаимосвязи.

К основным разделам современной экологии относятся:

- общая экология;
- биоэкология;
- геоэкология;
- экология человека;
- социальная экология;
- прикладная экология.

Прикладная экология – большой комплекс дисциплин, связанных с различными областями человеческой деятельности и взаимоотношений между человеческим обществом и природой. Одним из разделов прикладной экологии является инженерная экология, которая занимается изучением и разработкой инженерных норм и средств, отвечающих экологическим требованиям. Основные из них:

- контроль и регламентация материально-энергетических потоков производства и техногенных эмиссий от различных инженерных объектов;
- экологическая безопасность производственной и внепроизводственной среды, производственных процессов, сооружений, машин и изделий;
- контроль состояния производственной среды и окружающей человека среды в зонах воздействия хозяйственных объектов;
- оптимизация отраслей структуры промышленных комплексов и размещения мощностей строительства и эксплуатации гражданских и хозяйственных объектов.

В рамках вышеперечисленного, **промышленная экология** – дисциплина, рассматривающая воздействие промышленности от отдельных предприятий до техносферы на природу и, наоборот, влияние природной среды на функционирование предприятий и их комплексов.

По выражению Н. Ф. Реймерса, экология «выросла из коротких штанов, надетых на нее Э. Геккелем», но еще не удостоилась «нового костюма» – научного признания, соответствующего ее общественной значимости.

Проблема защиты окружающей среды – одна из важнейших задач современности. Однако это не одно и то же, что и защита природы. Конечная цель охраны окружающей среды и охраны природы одна и та же: сохранение здоровья и благополучия людей. Но концептуальные подходы различны: **«охранять природу»** означает регламентировать, ограничивать или запрещать изъятие природных ресурсов, не допускать нарушения природных сис-

тем, а «**охранять среду**» означает не допускать появления в среде обитания людей вредных для здоровья агентов. С экологической точки зрения и по отношению к перспективам эколого-экономического развития общества концепция «охраны» порочна с самого начала, так как деятельность следует строить таким образом, чтобы не допускать, предотвращать негативные эффекты и результаты, от которых потом пришлось бы «охранять». Люди сами сделали так, что вынуждены теперь охранять окружающую нас среду от самих себя.

На протяжении истории цивилизации практически все формы инженерной деятельности и все технические достижения человека имели в той или иной степени антиприродную, «природопокорительную» направленность. Трудно назвать какой-нибудь благоприятный для живой природы неэгоистический результат человеческой деятельности. Даже создавая совершенный средозащитный аппарат, инженер вынужден сознавать, что добыча сырья, производство материалов, деталей и энергии для него будет сопровождаться таким потреблением ресурсов и загрязнением среды, которое вряд ли сможет полностью предотвратить или хотя бы компенсировать его уникальная конструкция. Выбросы промышленных предприятий, энергетических систем и транспорта в атмосферу, в водоемы и недра на современном этапе развития достигли таких размеров, что в ряде районов, особенно в крупных промышленных центрах, уровни загрязнений существенно превышают допустимые санитарные нормы.

Главную опасность представляет загрязнение атмосферы, которое зависит от метеорологических условий, определяющих перенос и рассеивание примесей в воздухе. Нежелательной с точки зрения загрязнений приземного слоя атмосферы является инверсия температуры в атмосфере. Суть этого процесса состоит в том, что происходит повышение температуры воздуха с высотой вместо обычного для нижних слоев атмосферы убывания температуры на 0,5-0,6 °C на каждые 100 м высоты. Инверсия температуры препятствует развитию вертикальных движений воздуха и может способствовать образованию зон с повышенным содержанием примесей в приземном слое атмосферы.

Выбросы вредных веществ отрицательно влияют не только на окружающую среду, но и на технические средства, строительные конструкции. Кроме того, не следует забывать о неблагоприятном влиянии шума, инфразвука и вибраций на жизнедеятельность человека. Уровни городских шумов возрастают в среднем за каждые 5-10 лет на 5-10 дБ. Большую опасность представляют ультразвук и инфразвук. Многие нервные болезни городских жителей вызываются именно инфразвуками, проникающими сквозь самые толстые стены. В отдельных случаях возможно «загрязнение» окружающей среды тепловыми выбросами, электромагнитными полями, ультрафиолетовыми, инфракрасными, световыми и ионизирующими излучениями.

Поэтому в современном обществе резко возрастает роль и задачи инженерной (технической) экологии, призванной на основе оценки степени вреда, приносимого природе индустриализацией производства, разрабатывать и совершенствовать инженерно-технические средства защиты окружающей среды, всемерно развивать основы создания замкнутых и безотходных технологических циклов и производств.

Проблема охраны окружающей среды имеет глобальный характер и поэтому должна решаться не только применительно к конкретному предприятию или производственному циклу, но и в масштабах отдельных городов и промышленных центров, регионов, всей территории страны, группы стран, отдельных континентов и всего земного шара.

Проблема охраны окружающей среды – комплексная проблема, характер которой определяется сложностью системы, состоящей из природы, общества и производства. Оптимальное развитие этой системы невозможно без комплексного учета социальных, экологических, технических, экономических, правовых и международных аспектов проблемы.

Человечество как биологический вид и социальная общность неразрывно связано с процессами, происходящими в окружающей среде, и во все возрастающих масштабах черпает из нее ресурсы, загрязняет отходами, продуктами жизнедеятельности. Все происходит в тончайшем слое «жизненного пространства» – биосфере. Эта «оболочка жизни» находится в постоянном движении веществ, совершающих круговорот органических веществ в цепочке: почва – растения – животные – человек – почва (сток), а также неорганических веществ в рамках других цепочек естественного круговорота, ибо природа создала механизмы постоянного круговорота основных химических элементов между неживыми и живыми компонентами окружающей среды в биосфере.

В соответствии с законом сохранения массы (вещества) при любом физическом или химическом изменении вещество не возникает и не исчезает, но лишь изменяет свое физическое или химическое состояние. За длительное время установились, причем в очень узких диапазонах, значения параметров окружающей среды, при которых существует жизнь. Мы привыкли говорить о потреблении или расходовании ресурсов. Но мы не потребляем вещество, а только временно пользуемся какими-то видами ресурсов Земли, перемещая их, превращая в продукты или полезные товары. Все, что выброшено, остается с нами.

К началу третьего тысячелетия население Земли достигло шестимиллиардной величины. Вторая после Китая страна в мире – Индия – стала иметь миллиард жителей. Человеческая деятельность (строительство жилья, дорог, земледелие, добыча природных минеральных ресурсов, промышленное производство), имеющая целью достижение определенного благосостояния (комфорта), изменяет природные ландшафты, создает новую искусственную

среду обитания человека, чуждую ему как биологическому существу. Несколько поколений, многие сотни миллионов людей живут в трансформированной природной среде (в мегаполисах, городских агломерациях, на освоенных территориях), пытаясь приспособиться, адаптироваться к ней. Однако сформированный в процессе эволюции человеческий организм весьма чувствителен к изменению параметров окружающей среды, многие механизмы, влияния которых на живые организмы остаются непознанными. Раньше, когда численность населения на планете была небольшой и уровень антропогенной нагрузки незначителен, это влияние компенсировалось адаптационными способностями живых организмов.

На рубеже XXI в. ситуация изменилась. Экспериментально подтверждены необратимые изменения значений параметров окружающей среды от ранее существовавших, что все чаще приводит к экологическим кризисам и катастрофам на локальном уровне (фотохимический смог, кислотные осадки, загрязнение водоемов биогенами) и в глобальном масштабе (образование парникового эффекта, разрушение озонового слоя в стратосфере). Это, а также накопление данных, подтверждающих проявление распада генетических программ человека, другие проявления экологического кризиса, привело к тому, что в большинстве стран мира вопросы обеспечения экологического благополучия выходят за рамки принятия конкретных инженерно-технических программ и решений и все более приобретают социально-экономическое звучание, формируют новые стереотипы поведения, нормы морали.

Наблюдается эволюция экологического мировоззрения – от *антропоцентризма* (человек – центр Вселенной и конечная цель мироздания, т. е. «царь природы») к *теории естественной биотической регуляции* окружающей среды (человек занимает определенную экологическую нишу и его деятельность не должна приводить к нарушению устойчивости биоты) и *обществу устойчивого развития*, когда воздействие на окружающую среду остается в пределах хозяйственной емкости биосферы и не разрушается природная основа для воспроизводства жизни человека.

Пути решения проблем общества лежат в области рационального расходования природных ресурсов, защиты атмосферы, водоемов и водотоков, почвы, природных экосистем от негативного воздействия транспортного комплекса, создания замкнутых промышленно-утилизационных технологий транспортной деятельности, включенных в растительно-энергетические природные циклы (энерго- и ресурсо-сберегающие, безотходные технологии, водородная, биотопливная транспортная энергетика и др.).

«Концепция перехода Российской Федерации к устойчивому развитию» утверждена в 1996 г. (Указ Президента 1 апреля 1996 г. № 440). Главная идея стратегии устойчивого развития – обеспечить гармоничное сочетание социально-экономических и экологических приоритетов развития обще-

ства сейчас и в будущем. Устойчивое развитие общества должно быть введено в экологически безопасные рамки, обусловленные природно-ресурсным потенциалом, но при этом целевыми ориентирами, характеризующими степень приближения к модели, должны быть показатели качества жизни и уровня экономического развития.

Среди показателей качества жизни в нашей стране наиболее важными должны стать продолжительность жизни человека, уровень знаний или образовательных навыков, доход, измеряемый величиной ВВП на душу населения, уровень занятости.

Целевые ориентиры в экономической сфере формируются исходя из того, что эффективной может считаться только такая экономика, которая обеспечивает удовлетворение потребностей граждан, но при одновременном уменьшении расходов сырья и энергии и сокращении отходов.

Предполагается, что переход России к устойчивому развитию пройдет в три этапа. Первый займет 5-7 лет, в течение которых должны быть решены задачи стабилизации социально-экономического развития, создана нормативно-правовая база экологизации хозяйственной деятельности и оздоровления окружающей среды в зонах чрезвычайных экологических ситуаций. На втором этапе (примерно 20 лет) должны быть реализованы основные элементы перехода к модели и на этой основе достигнут нормативный уровень состояния окружающей среды. В долгосрочной перспективе будет решаться проблема гармонизации развития общества и природы.

Следует отметить, что многие известные российские ученые скептически относятся как к идее, так и стратегии устойчивого развития. Так, согласно мнению академика Н.Н. Моисеева, не может быть чисто технологического пути преодоления экологических кризисов. Прежде всего, должна быть изменена шкала человеческих ценностей, и даже сам процесс развития человечества, которое ныне идет по пути потребления. Процесс глобализации, происходящий в мире под фактическим управлением США, только усиливает экологический кризис, постепенно переходящий в кризис цивилизации, углубляет пропасть между богатыми и бедными странами. Другие ученые, считая концепцию устойчивого развития опасным заблуждением, своего рода успокоительной пилюлей для встревоженной общественности, тем не менее, полагают, что накопленный интеллектуальный капитал может остановить разрушение природы. Для этого должен неукоснительно выполняться принцип динамично сбалансированного развития триады «экономика–природа–общество». Кто прав – покажет будущее. Но у России нет перспектив экологически устойчивого развития, если не будет решена главнейшая ее проблема: безостановочное снижение численности населения. Не будет населения, для кого же обеспечивать устойчивое развитие?

Еще одна проблема, значимость которой в экологическом отношении еще до конца не осознана, в том числе и в аспекте устойчивого развития России.

В настоящее время решается вопрос о вступлении России во Всемирную торговую организацию (ВТО). Страны-участницы этой организации, несомненно, получают определенные экономические преимущества, но в то же время должны, подчиняясь ее уставу, отказаться от ряда национальных приоритетов, если это может помешать более свободному перемещению трудовых и природных ресурсов и, прежде всего товаров, производимых в рамках ВТО. Последняя функционирует по принципу глобального разделения труда: каждая страна-участница поставляет на рынок те товары, в производстве которых наиболее преуспела. Это могут быть продукты высоко интеллектуального труда (наиболее дорогостоящие), сельского хозяйства, промышленности, а также природные ресурсы. Вводить какие-то барьеры на пути перемещения указанных товаров и услуг в рамках ВТО запрещается, экономически поддерживать неконкурентные отрасли хозяйства (например, сельского) не рекомендуется.

Россия привлекательна для ВТО прежде всего гигантскими природными ресурсами, обширностью территории, дешевой и в то же время образованной рабочей силой, уникальностью географического положения. Поэтому есть основание предполагать, что участие России в ВТО неизбежно приведет к еще более значительной добыче природных ресурсов, особенно энергоресурсов, расширению экспорта древесины и т. п., а также ускорению «утечки мозгов». Территория России будет использована для создания транспортных коммуникаций между Западом и Востоком, Севером и Югом. Все это, очевидно, усилит давление на природные экосистемы страны, вызовет их деградацию и истощение; особенно пострадают экосистемы тайги и тундры. Конечно, Россия не может остаться на обочине международной экономики, но интересы ее должны быть подчинены перспективам экологически устойчивого развития, при котором гарантируется соблюдение прав будущих поколений на чистую, здоровую, благоприятную для жизни окружающую природную среду.

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ И ИХ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ

Производственная структура предприятия и ее элементы

Производственный процесс – совокупность взаимосвязанных процессов труда и естественных процессов, в результате которых исходные материалы превращаются в готовые изделия.

Производственная структура предприятия – это совокупность производственных единиц предприятия (цехов, служб), входящих в его состав и формы связей между ними. Производственная структура зависит от вида выпускаемой продукции и его номенклатуры, типа производства и форм его специализации, от особенностей технологических процессов. Причем последние являются важнейшим фактором, определяющим производственную структуру предприятия.

В зависимости от характера и масштаба выпускаемой продукции производственные процессы могут быть простыми и сложными. Все промышленные процессы протекают в технологических системах, каждый из которых представляет собой совокупность процессов и аппаратов, объединенный в единый производственный комплекс для выпуска продукции различного назначения. Основным методом исследования технологических систем – математическое моделирование. Наряду с моделями отдельных аппаратов используют модели всей системы, так как процессы, протекающие в отдельных аппаратах, влияют друг на друга. Поэтому предполагается, что все аппараты, обеспечивающие получение готовой продукции, являются элементами (подсистемами) одной большой установки (системы). Анализ структуры такой системы связан с декомпозицией ее элементов и подсистем, выявлением их устойчивых взаимоотношений и обычно происходит в две стадии. Первая (макроисследование) включает математическое моделирование отдельных подсистем, вторая (микроисследование) изучает процессы, протекающие в машинах или агрегатах, и осуществляет усовершенствование используемого оборудования.

Математическое моделирование используется при составлении моделей, как на уровне отдельных процессов, так и на уровне их взаимодействий. Полученные модели должны учитывать принципы эффективного использования сырья, улучшения качества конечного продукта, рационального применения энергии, транспорта, информации, экологической защиты.

Производственный процесс включает, как технологические, так и нетехнологические процессы.

Технологические – процессы, в результате которых изменяются формы, размеры, свойства предметов труда.

Нетехнологические – процессы, не приводящие к изменению этих факторов.

В зависимости от того, какой продукт является результатом производства, производственные процессы подразделяются на основные, вспомогательные и обслуживающие.



Рисунок 1.1 – Характеристика производственных процессов

В условиях автоматизированного, автоматического и гибкого интегрированного производств вспомогательные и обслуживающие процессы в той или иной степени объединяются с основными и становятся неотъемлемой частью процессов производства продукции.

Технологические процессы включают в себя:

1. **Фаза** – комплекс работ, выполнение которых характеризует завершение определенной части технологического процесса и связано с переходом предмета труда из одного качественного состояния в другое.

- заготовительная;
- обрабатывающая;
- сборочная.

2. **Операция** – часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте (станке, стенде, агрегате и т.д.), состоящая из ряда действий над каждым предметом труда или группой совместно обрабатываемых предметов. Технологический процесс состоит из последовательно выполняемых над данным предметом труда технологических действий – операций.

Операции, которые не ведут к изменению геометрических форм, размеров, физико-химических свойств предметов труда, относятся к не технологическим операциям (транспортные, погрузочно-разгрузочные, контрольные, испытательные, комплектующие и др.). Операции различаются также в зависимости от применяемых средств труда:

- ручные – выполняемые без применения машин, механизмов и механизированного инструмента;
- машинно-ручные – выполняемые с помощью машин или ручного инструмента при непрерывном участии рабочего;
- машинные – выполняемые на станках, установках, агрегатах при ограниченном участии рабочего (например, установка, закрепление, пуск и остановка станка, раскрепление и снятие детали и т.д.);
- автоматизированные – выполняемые на автоматическом оборудовании или автоматических линиях.

3. **Принципы** – это исходные положения, на основе которых осуществляется построение, функционирование и развитие производственного процесса. Соблюдение принципов организации производственного процесса – одно из основополагающих условий эффективной деятельности предприятия. Основные принципы организации производственного процесса и их содержание приведены в таблице 1.

Для повышения показателей эффективности основного производственного процесса усложняется процесс активации сырья. В связи с этим выделяют пять основных (приоритетных) подсистем, обладающих с одной стороны полной автономностью, с другой – тесной взаимосвязью в рамках рассматриваемой технологии:

1. **Подсистема подготовки:** например, измельчение до заданного granulометрического состава; обессеривание для снижения образования оксидов серы; получение эмульсии или суспензии для уменьшения эмиссии вредных веществ и т.д.

2. **Подсистема надежности:** например, обеспечение заданных технологических режимных параметров процесс; снижение интенсивности отказов работы аппаратов и т.д.

3. **Подсистема оценки качества** полуфабрикатов и готового продукта: например прогноз основных параметров.

4. **Подсистема переработки:** например, использование отходов в качестве полупродукта и т.д.

5. **Подсистема природоохранных стратегий:** например, экологическая безопасность и ресурсосбережение.

Производственные процессы характеризуются сложностью и большим разнообразием выпускаемой продукции. Общей их чертой является то, что для превращения исходного сырья или полуфабрикатов в целевой конечный продукт необходимо большое число функционально различных ступеней подготовки и переработки. Для целенаправленного осуществления этих технологий требуются вспомогательные вещества и информация, разные виды энергии, так называемые параметры процесса.

Таблица 1.1

Основные принципы организации производственного процесса

№	Принципы	Основные положения
1	Пропорциональности	Пропорциональная производительность в единицу времени всех производственных подразделений предприятия (цехов, участков) и отдельных рабочих мест
2	Дифференциации	Разделение производственного процесса изготовления одноименных изделий между отдельными подразделениями предприятия (например, по технологическому)
3	Комбинирования	Объединение всех или части разнохарактерных процессов по изготовлению определенного вида изделия в пределах одного участка, цеха, производства
4	Концентрации	Сосредоточение выполнения определенных производственных операций по изготовлению технологически однородной продукции или выполнению функционально однородных работ на отдельных участках и рабочих местах
5	Специализации	Формы разделения труда на предприятии, в цехе. Закрепление за каждым подразделением предприятия ограниченной номенклатуры работ, операций, деталей, изделий
6	Универсализации	Определенное рабочее место или производственное подразделение занято изготовлением изделий и деталей широкого ассортимента или выполнением различных производственных операций
7	Стандартизации	Под принципом стандартизации в организации производственного процесса понимают разработку, установление и применение однородных условий, обеспечивающих наилучшее его протекание
8	Параллельности	Одновременное выполнение технологического процесса на всех или некоторых его операциях. Реализация данного принципа существенно сокращает производственный цикл изготовления изделия
9	Прямоточности	Требование прямолинейности движения предметов труда по ходу технологического процесса, то есть по кратчайшему пути прохождения изделием всех фаз производствен-

		ного процесса без возвратов в его движении
10	Непрерывности	Сведение к минимуму всех перерывов в процессе производства конкретного изделия
11	Ритмичности	Выпуск в равные промежутки времени равного количества изделий
12	Автоматичности	Максимально возможное и экономически целесообразное освобождение рабочего от затрат ручного труда на основе применения автоматического оборудования

Типы производств и их технико-экономическая характеристика

Тип производства – совокупность его организационных, технических и экономических особенностей. Тип производства определяется следующими факторами:

- номенклатурой выпускаемых изделий;
- объемом выпуска;
- степенью постоянства номенклатуры выпускаемых изделий;
- характером загрузки рабочих мест.

В зависимости от уровня концентрации и специализации различают три типа производств:

- единичное;
- серийное;
- массовое.

По типам производства классифицируются предприятия, участки и отдельные рабочие места. Тип производства предприятия определяется типом производства ведущего цеха, а тип производства цеха – характеристикой участка, где выполняются наиболее ответственные операции и сосредоточена основная часть производственных фондов. Отнесение завода к тому или иному типу производства носит условный характер, поскольку на предприятии и даже в отдельных цехах может иметь место сочетание различных типов производства.

Единичное производство характеризуется широкой номенклатурой изготавливаемых изделий, малым объемом их выпуска, выполнением на каждом рабочем месте весьма разнообразных операций.

В серийном производстве изготавливается относительно ограниченная номенклатура изделий (партиями). За одним рабочим местом, как правило, закреплено несколько операций.

Массовое производство характеризуется узкой номенклатурой и большим объемом выпуска изделий, непрерывно изготавливаемых в течение продолжительного времени на узкоспециализированных рабочих местах.

Тип производства оказывает решающее влияние на особенности организации производства, его экономические показатели, структуру себестоимости (в единичном

производстве высока доля живого труда, а в массовом – затраты на ремонтно-эксплуатационные нужды и содержание оборудования), разный уровень оснащенности.

На основе производственной структуры разрабатывается генеральный план предприятия, т.е. пространственное расположение всех цехов и служб, а также путей и коммуникаций на территории завода. При этом должна быть обеспечена прямолинейность материальных потоков. Цехи должны быть расположены в последовательности выполнения производственного процесса. Цех – это основная структурная производственная единица предприятия, административно обособленная и специализирующаяся на выпуске определенной детали или изделий либо на выполнении технологически однородных или одинакового назначения работ. Цехи делятся на участки, представляющие собой объединенную по определенным признакам группу рабочих мест. Производственная структура цеха показана на рисунке 1.2.

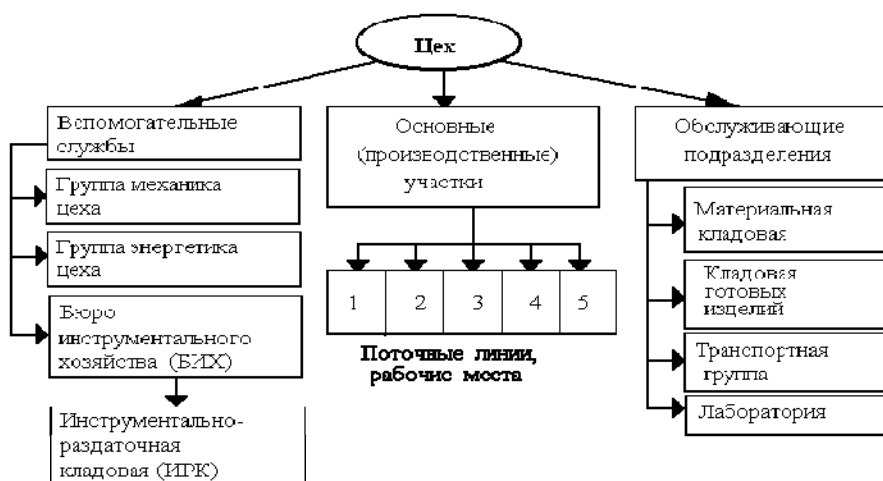


Рисунок 1.2 – Производственная структура цеха

Производственный цикл и его структура

Производственный цикл – календарный период времени, в течение которого материал, или обрабатываемый предмет проходит все операции производственного процесса или определенной его части и превращается в готовую продукцию. Он выражается в календарных днях или в часах.

Длительность производственного цикла определяется по формуле:

$$T_{\text{ц}} = T_{\text{впр}} + T_{\text{пер}},$$

где $T_{\text{впр}}$ – время рабочего процесса; $T_{\text{пер}}$ – время перерывов.

Во время рабочего периода выполняются технологические операции

$$T_{врп} = T_{шк} + T_k + T_{тр} + T_e,$$

где $T_{шк}$ – штучно-калькуляционное время; T_k – время контрольных операций; $T_{тр}$ – время транспортирования предметов труда; T_e – время естественных процессов (старения, релаксации, естественной сушки, отстоя взвесей в жидкостях и т.п.).

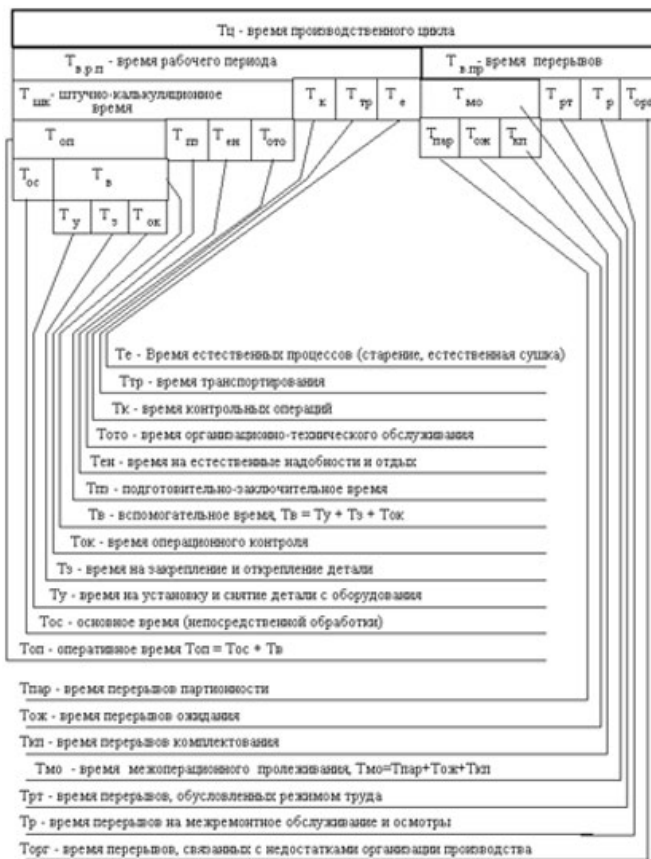


Рисунок 1.3 – Структура производственного цикла

Сумму времен штучного, контрольных операций, транспортирования называют операционным временем ($T_{опр}$):

$$T_{опр} = T_{шк} + T_k + T_{тр}.$$

В операционный цикл T_k и $T_{тр}$ включены условно, так как в организационном отношении они не отличаются от технологических операций, штучно-калькуляционное время рассчитывается по формуле

$$T_{шк} = T_{оп} + T_{пз} + T_{ен} + T_{ото},$$

где $T_{оп}$ – оперативное время; $T_{пз}$ – подготовительно-заключительное время при обработке новой партии деталей; $T_{ен}$ – время на отдых и естественные надобности рабочих; $T_{ото}$ – время организационного и технического обслуживания (получение и сдача инструмента, уборка рабочего места, смазка оборудования и т.п.).

Оперативное время ($T_{оп}$) в свою очередь состоит из основного ($T_{ос}$) и вспомогательного времени (T_v):

$$T_{оп} = T_{ос} + T_v.$$

Основное время – это непосредственное время обработки или выполнения работы.

Вспомогательное время:

$$T_v = T_y + T_3 + T_{ок},$$

где T_y – время установки и снятия детали (сборочной единицы) с оборудования; T_3 – время закрепления и открепления детали в приспособлении; $T_{ок}$ – время операционного контроля рабочего (с остановкой оборудования) в ходе операции.

Время перерывов ($T_{впр}$) обусловлено режимом труда ($T_{рт}$), межоперационным пролеживанием детали ($T_{мо}$), временем перерывов на межремонтное обслуживание и осмотры оборудования (T_p) и временем перерывов, связанных с недостатками организации производства ($T_{орг}$):

$$T_{впр} = T_{мо} + T_{рт} + T_p + T_{орг}.$$

Время межоперационного пролеживания ($T_{мо}$) определяется временем перерывов партионности ($T_{пар}$), перерывов ожидания ($T_{ож}$) и перерывов комплектования ($T_{кл}$):

$$T_{мо} = T_{пар} + T_{ож} + T_{кл}.$$

Перерывы партионности ($T_{\text{пар}}$) возникают при изготовлении изделий партиями и обусловлены пролеживанием обработанных деталей до готовности всех деталей в партии на технологической операции.

Перерывы ожидания ($T_{\text{ож}}$) вызваны несогласованной длительностью смежных операций технологического процесса.

Перерывы комплектования ($T_{\text{кп}}$) возникают при переходе от одной фазы производственного процесса к другой.

Таким образом, в общем виде производственный цикл выражается формулой

$$T_{\text{ц}} = T_{\text{опр}} + T_{\text{е}} + T_{\text{мо}} + T_{\text{рт}} + T_{\text{р}} + T_{\text{орг}}.$$

При расчете производственного цикла необходимо учитывать перекрытие некоторых элементов времени либо технологическим временем, либо временем межоперационного пролеживания. Время транспортировки предметов труда ($T_{\text{тр}}$) и время выборочного контроля качества ($T_{\text{к}}$) являются перекрывающимися элементами. Исходя из сказанного, производственный цикл можно выразить формулой:

$$T_{\text{ц}} = (T_{\text{шк}} + T_{\text{мо}}) k_{\text{пер}} k_{\text{ор}} + T_{\text{е}},$$

где $k_{\text{пер}}$ – коэффициент перевода рабочих дней в календарные (отношение числа календарных дней $D_{\text{к}}$ к числу рабочих дней в году $D_{\text{р}}$, $k_{\text{пер}} = D_{\text{к}}/D_{\text{р}}$); $k_{\text{ор}}$ – коэффициент, учитывающий перерывы на межремонтное обслуживание оборудования и организационные неполадки (обычно 1,15-1,2).

Сырье – важнейший элемент технологического процесса

Сырье (руда, уголь, нефть, газ, песок, древесина, горные породы), используемое в производственных процессах, извлекаются с поверхности или из верхнего слоя литосферы.

Минерал – неметаллическое или металлическое твердое вещество, образующееся в земной коре в ходе природных процессов. Неметаллические минералы – соль, глина, силикаты, песок, гравий. Соединения, содержащие железо, золото, алюминий, медь, — металлические минералы.

Руда – минеральное сырье, содержащее достаточное количество металлов, чтобы их можно было извлечь и продать с получением прибыли. Наблюдаемая тенденция – среднее содержание железа и сырой руде за последние 30 лет уменьшилось с 51 до 35%, а расход сырой руды возрос с 1,2 до 2,0 т на производство 1 т товарной руды. Горная порода – образовавшееся естественным путем твердое вещество, содержащее один или более минералов.

Схема циркуляции (минералооборота) включает извлечение сырья, обработку и удаление примесей, превращение в желаемую форму, производство продукции (изделий), эксплуатацию (использование), превращение в отходы, утилизацию отходов, повторное использование (рис. 1.4).

Кроме руды в технологических процессах широко используются *каменные природные материалы минерального происхождения*, относящиеся к нерудным полезным ископаемым, которые получают из горных пород в результате механической обработки и применяются в естественном виде без выделения из них отдельных минералов. Карьеры для снабжения каменными природными материалами располагаются вблизи мест потребления. К этим материалам относят щебень из природного камня; гравий; щебень из гравия; бутовый камень; песок; декоративный щебень; песчано-гравийные смеси; щебень и песок из попутно добываемых пород и отходов обогащения горно-обогатительных предприятий других отраслей промышленности.

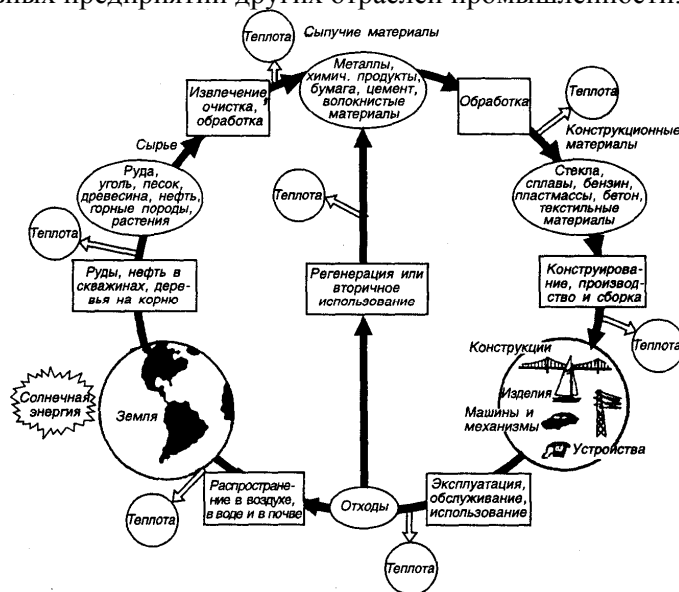


Рисунок 1.4 – Обобщенная схема извлечения и обработки сырья для получения материалов

Добыче природных минеральных и энергетических ресурсов, как правило, сопутствуют такие технологические операции, как обогащение руд, извлечение других компонентов и т. д. В результате формируются технологические системы добычи и переработки природных ресурсов. По данным Московского горного университета их можно разделить на *открытые, полукрытые и закрытые*.

Открытая система добычи и переработки представляет собой экстенсивный тип, отличающийся низким выходом готовой продукции на единицу минеральных ресурсов, высоким уровнем загрязнения воздуха, воды, накоплением значительных объемов твердых отходов (рис. 1.5, а). При ее использовании не обеспечивается эффективная очистка сбрасываемых газовых, жидких отходов, и выполнение санитарных норм качества окружающей сре-

ды достигается за счет разбавления сточных вод и воздушных выбросов в природных водоемах и в атмосфере с надеждой на их самоочищение.

Полуоткрытая система построена на принципах малоотходного производства и предусматривает создание и эксплуатацию очистных сооружений, хвостохранилищ, организацию частичного водооборота в замкнутом производстве, а также выделение в попутную продукцию многих ценных компонентов, сопутствующих основному добываемому элементу (рис. 1.5, б).

Закрытая система предусматривает использование технологий рациональной переработки минерального сырья, которые обеспечивают (рис. 1.5, в):

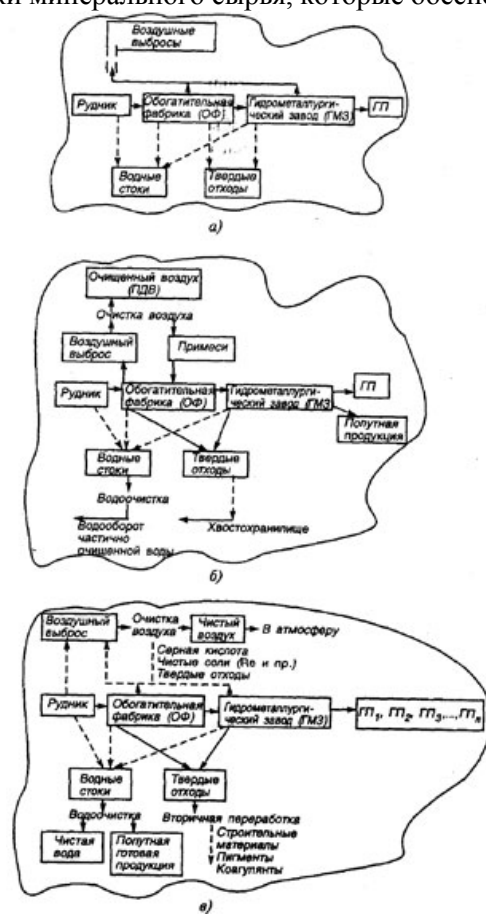


Рисунок 1.5 – Схемы добычи и переработки минерального сырья: а – открытой; б – полуоткрытой; в – закрытой системах; ГП – готовая продукция

– комплексную переработку сырья с выделением нескольких полезных компонентов, выход которых может превышать массу сырья за счет применения реагентов и вспомогательных материалов;

- рентабельное выделение минеральных веществ из газообразных и жидких отходов;
- утилизацию рудовмещающих пород в виде удобрений, коагулянтов, строительных материалов;
- извлечение ценных компонентов из техногенных твердых минеральных образований;
- переработку бедного минерального сырья и замену процессов обогащения на прямую переработку сырья.

Пример замкнутой системы – добыча и переработка бокситов с получением глинозема и утилизацией красных шламов по серно- и азотнокислотной схеме. Обеспечивается извлечение из сырья урана, скандия, алюминия, получение строительных материалов, коагулянтов и пигментов (сернокислотная схема) или нитратных удобрений и железного концентрата для агломерации (азотнокислотная схема). Выход готовой продукции составляет 100-200% от массы переработанного минерального сырья, обеспечивается получение чистой воды питьевого качества, добыча минеральных веществ из воздушных выбросов.

Устойчивое общество очищает окружающую среду от загрязнителей с использованием биотехнологий, овладевает новыми знаниями, повышает эффективность производственных процессов, меняет технологии, совершенствует систему управления, обеспечивает более справедливое распределение и делает жизнь более разнообразной. Принципы обеспечения устойчивого развития, связанные с потреблением ресурсов (энергии и материалов), заключаются в следующем:

- темпы потребления возобновимых ресурсов (почва, вода, древесина, биоресурсы) не должны превышать темпов регенерации. Возобновимые ресурсы способны к восстановлению через размножение или другие природные циклы за сроки, соизмеримые со сроками их потребления;
- темпы потребления невозобновимых ресурсов (ископаемое топливо, высококачественные руды, грунтовые воды) не должны превышать темпов их замены на неисчерпаемые или возобновимые ресурсы (солнечная энергия, ветер, приливы, геотермальные воды, энергия волн, вещества, включенные в естественные биогеохимические циклы круговорота). Например, нефтяное месторождение можно эксплуатировать в стабильном режиме, если часть доходов от него систематически вкладывается в производство устройств преобразования солнечной, ветровой, приливной, геотермальной энергии (неисчерпаемые ресурсы) или посадку деревьев. В результате после исчезновения нефти будет обеспечен эквивалентный поток энергии от неисчерпаемого или возобновимого ресурса;
- интенсивность выбросов загрязняющих веществ не должна превышать темпов, с которыми эти вещества перерабатываются, поглощаются или теряют вредные для ОС свойства. Например, канализационные стоки можно

спускать в реки со скоростью, при которой природные экосистемы в состоянии их переработать.

Устойчивое развитие природных экосистем обеспечивается *биотическим потенциалом* — размером популяций живых организмов, приспособленностью их к местообитанию, а также диапазоном наследственности, который позволяет адаптироваться к быстрым изменениям свойств окружающей среды.

Для организации производственных потоков люди извлекают из Земли сырье и большинство видов энергии и возвращают ей отходы и теплоту, т. е. существует постоянный поток материалов и энергии от планетарных источников через экономическую подсистему к планетарным стокам, где накапливаются отходы и загрязнения (рис. 1.6).



Рисунок 1.6 – Потоки энергии и вещества в планетарной экосистеме

Эффекты воздействия объектов производства на окружающую среду определяются величинами входных и выходных потоков на всех стадиях жизненного цикла, ибо используемые в процессе человеческой деятельности материалы и энергия не исчезают.

Входные потоки разделяются на:

1) материальные, связанные с добычей сырья, производством, транспортировкой, использованием, техническим обслуживанием, повторным ис-

пользованием и утилизацией продукции, могут оказывать различное воздействие на среду (приводить к ускоренному истощению природных ресурсов, отчуждению территорий, снижению плодородия почв, воздействию опасных материалов на здоровье человека, выделению вредных выбросов);

2) потоки энергии, источниками которых являются жидкое топливо, ядерные и гидроэлектростанции, геотермальные источники, ветер, биомасса.

Выходные потоки формируются из продукции, твердых отходов и выбросов в воздух, воду, почву, энергетических выделений.

Материальные и энергетические преобразования сырья и полуфабрикатов, происходящие в производствах, обеспечивают получение материальных благ и сопровождаются загрязнением – любое нежелательное для экосистем антропогенное изменение. Виды загрязнений: ингредиентное, параметрическое, биоценотическое, ландшафтное.

Ингредиентное вызвано воздействием совокупности химических веществ, количественно и качественно чуждых естественным биогеоценозам.

Параметрическое связано с изменением качественных параметров ОС (шум, вибрации, теплота, электромагнитное излучение).

Биоценотическое заключается в воздействии на состав и структуру популяций живых организмов.

Ландшафтное представляет собой разрушение местообитания организмов и нарушение регенерационных свойств природных ландшафтов.

Данные об объемах и динамике потребления природных ресурсов, загрязнения окружающей среды показывают, что человечество чрезмерно эксплуатирует источники и стоки планеты. Темпы использования материалов и энергии из планетарных источников и темпы приема отходов планетарными стоками должны согласовываться и не причинять ущерба природным процессам поглощения, регенерации и регулирования, так как любой вид ресурсов (пища, вода, лес, железо, нефть и т. д.) ограничен своими источниками и стоками.

Источники и стоки могут воздействовать друг с другом. Один и тот же элемент природной системы может быть одновременно источником и стоком (участок земли, где выращиваются сельскохозяйственные культуры и выпадают кислотные осадки). Способность природной системы выполнять одну из этих функций зависит от того, с какой интенсивностью она выполняет другую. Существуют устойчивые связи между загрязнением окружающей среды и круговоротом веществ. Основным препятствием нарушения экологического равновесия в окружающей среде является наличие определенного потенциала ее самовосстановления и очищения от загрязнителей.

Антропогенная деятельность человека приводит к *потере устойчивости экосистем, их деградации и разрушению*. Это проявляется в изменении параметров окружающей среды (концентрации химических веществ, температуры, влажности воздуха, давления и др.) и сокращении биоразнообразия.

Оказывается разрушенным и разомкнутым биогеохимический круговорот веществ. Поэтому природные ресурсы перестают воспроизводиться в пределах прежних естественных колебаний.

Экосистемы разрушаются также в результате:

- возможного *изменения климата* из-за изменения концентрации отдельных газов (O_3 , CO_2) в стратосфере и тропосфере;
- *снижения прозрачности атмосферы* за счет ее загрязнения;
- *изменения альбедо земной поверхности* в результате воздействия на природные ландшафты (уничтожение растительности, вспашка и орошение земель);
- *атмосферно-гидросферного закисления* (рН-эффект, который обусловлен повышением концентрации ионов водорода из-за выбросов в атмосферу оксидов азота и серы).

Экологический кризис – нарушение биогеохимического круговорота в результате разрушения и угнетения человеком естественных экосистем и, как следствие, нарушение устойчивости окружающей среды.

Признаками выхода за пределы устойчивости являются следующие:

- сокращение запасов ресурсов;
- увеличение концентрации загрязнителей;
- отвлечение капитала материальных, трудовых ресурсов от производства конечной продукции на эксплуатацию более скудных, отдаленных более рассеянных ресурсов или на виды деятельности, которые раньше бесплатно делала природа (обработка сточных вод, очистка воздуха восстановление питательных веществ в почве, сохранение биоразнообразия), или для охраны, поддержания, получения доступа к оставшимся ресурсам;
- сбои природных механизмов очистки от загрязнений;
- возрастание числа конфликтов из-за владения источниками или стоками.

В итоге:

- население и экономика получают искаженные и запаздывающие сигналы о физических пределах источников и стоков материалов и энергии, а также происходит запаздывание ответов на эти сигналы;
- пределы системы не только конечны, но и подвержены разрушению при избыточной нагрузке на них.

Принципы организации производственных процессов

Все промышленные процессы протекают в технологических системах, каждая из которых представляет собой совокупность процессов и аппаратов, объединенных в единый производственный комплекс для выпуска продукции различного назначения. Основным методом исследования технологических систем – математическое моделирование. Наряду с моделями отдельных аппаратов используют модели всей системы, так как процессы, протекающие в от-

дельных аппаратах, влияют друг на друга. Поэтому предполагается, что все аппараты обеспечивающие получение готовой продукции, являются элементами (подсистемами) одной большой установки (системы). Анализ структуры такой системы связан с декомпозицией ее элементов и подсистем, выявлением их устойчивых взаимоотношений и обычно проходит в две стадии. Первая (макроисследование) включает математическое моделирование отдельных подсистем, вторая (микроисследование) изучает процессы, протекающие в машинах или агрегатах, и осуществляет усовершенствование используемого оборудования.

Математическое моделирование используется при составлении моделей как на уровне отдельных процессов, так и на уровне их взаимодействий. Полученные модели должны учитывать принципы эффективного использования сырья, улучшения качества конечного продукта, рационального применения энергии, транспорта, информации, экологической защиты.

Превращение исходного сырья в промежуточный продукт или промежуточного продукта в конечное изделие происходит в результате осуществления нескольких операций, совокупность которых образует конкретную подсистему.

Уровни иерархии производственных процессов

Уровни иерархии производственных процессов могут иметь следующий вид:

1. Отрасль – совокупность заводов, объединенных сырьем, полуфабрикатами конечной продукцией;
2. Завод – совокупность цехов, объединенных общим сырьем или полуфабрикатами, или повторно используемыми отходами, включая вспомогательные службы;
3. Цех – совокупность отделений, работающих на выпуск заданной продукции: предварительной обработке сырья, выпуска товарной продукции, переработки отходов, обеспыливания и обезвреживания промышленных отходов.

В свою очередь цехи основного производства подразделяются следующим образом:

- на заготовительные цехи, которые осуществляют предварительное формообразование деталей изделия;
- обрабатывающие цеха, в которых производится обработка деталей (механическая, термическая, химико-термическая, гальваническая, сварка, лакокрасочные операции и т.д.).
- сборочные цеха, в которых производят сборку сборочных единиц и изделий, их регулировку, наладку, испытания.

4. Технологическая линия – процесс (измельчения, смешивания и т.п.) или совокупность процессов (компактирование – классификация – транспортировка и т.п.), связанных общей производственной линией

5. Типовой процесс (элемент системы) – дробилка, измельчитель, валковый пресс, термический реактор и т.п.

Подобная иерархическая структура является важным звеном при создании на предприятии высокоэффективных технологий, позволяющих реализовывать в каждом конкретном случае наиболее рациональную систему подготовки и переработки сырья и полуфабрикатов.

Элементы верхнего уровня иерархии, отрасли или завода, связаны между собой и окружающей средой многочисленными подсистемами для транспортировки сырья, энергии, полуфабрикатов и т.п. Они так же содержат многовариантные подсистемы для закупки, распределения, хранения сырья, готовой продукции и т.п., это можно посмотреть на рисунке 1.7.

На среднем и нижнем уровнях иерархии обобщающей стороной технологии является процесс активации сырья с целью повышения показателей эффективности основного производственного процесса (например, снижение безвозвратных потерь компонентов, или уменьшение загрязнения окружающей природной среды

Согласно общей теории систем система – это реальная или мыслимая совокупность частей, целостные свойства которой определяются взаимодействием между частями (элементами) системы. По Р. Шеннону (1978), «система определяется как совокупность объектов, объединенных некоторой формой регулярного взаимодействия или взаимозависимости для выполнения заданной функции».

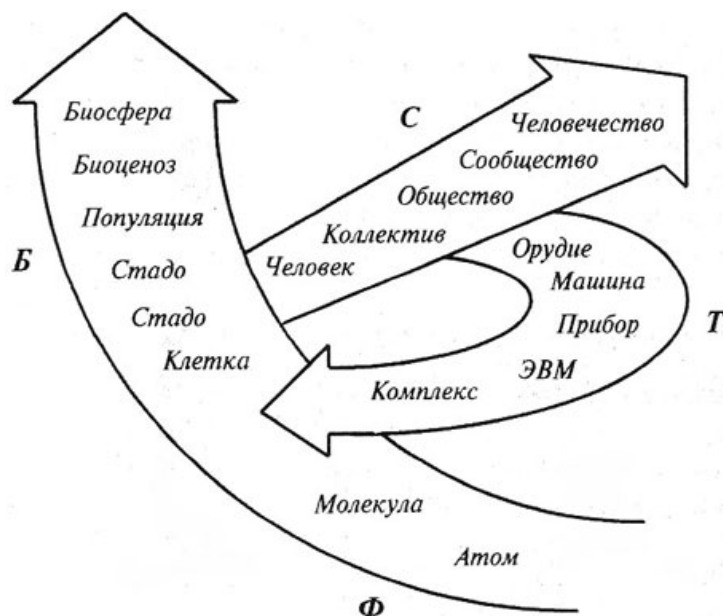


Рисунок 1.7 – Иерархии материальных систем: Φ – физическая (физико-химическая),
 Б - биологическая, С – социальная, Т - техническая

В материальном мире существуют определенные иерархии – упорядоченные последовательности соподчинения и усложнения. Все разнообразие нашего мира можно представить в виде трех последовательно возникших иерархий (рис. 1.7). Объединение систем из разных иерархий приводит к смешанным классам систем – экологическим или экономическим.

Основные свойства систем:

- **эмерджентность**, которая определяется степенью несводимости свойств системы к свойствам отдельных элементов, из которых она состоит. Например, по отдельным деталям машины перед сборкой нельзя судить о ее действии;

- **принцип необходимого разнообразия элементов**. Никакая система не может быть организована из элементов, лишенных индивидуальности. Нижний предел разнообразия – не менее двух элементов (болт и гайка, поршень и цилиндр), верхний – бесконечность. Разнообразие микроскопических свойств частей системы, наличие в ней разных фазовых состояний вещества определяет гетерогенность системы;

- **устойчивость**. Преобладание внутренних взаимодействий в динамической системе над внешними определяет ее устойчивость и способность к самосохранению. Устойчивость (стационарное состояние) динамической системы поддерживается непрерывно выполняемой ею внешней циклической

работой («принцип велосипеда»). Для этого необходимы поток и преобразование энергии в системе.

– **по виду обмена веществом и/или энергией с окружающей средой различают:** а) изолированные системы, в которых никакой обмен не возможен; б) замкнутые системы, в которых невозможен обмен веществом, но обмен энергией возможен в любой форме; в) открытые системы, в которых возможен обмен и веществом и энергией. Системы, элементы которых взаимосвязаны потоками вещества, энергии и информации, называются динамическими. Динамические системы являются открытыми.

– **принцип эволюции.** Все динамические системы эволюционируют в сторону усложнения организации и возникновения системной иерархии – образования подсистем в структуре системы.

Упрощенная потоковая схема территориальной эколого-экономической системы (ЭЭС), в которой экономическая и экологическая системы выступают как части целого и обозначаются как подсистемы, может быть изображена следующим образом (рис. 1.8). Вся сфера биологического жизнеобеспечения и воспроизводства людей относится к обеим подсистемам, поэтому границы между ними условны.

Эколого-экономическая система представляет собой сочетание совместно функционирующих экологической и экономической систем, обладающих эмерджентными свойствами. Экосистема – это сообщество живых организмов, так взаимодействующих между собой и со средой обитания, что по-

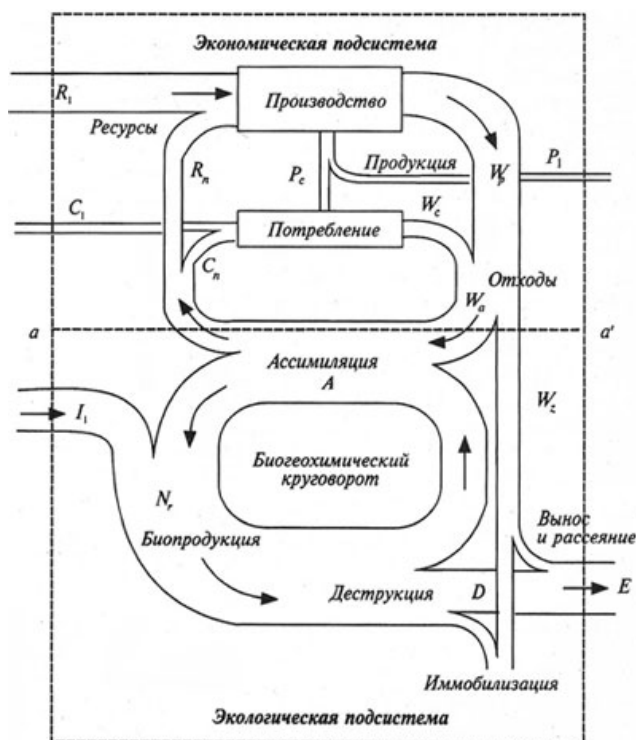


Рисунок 1.8 – Схема основных материальных потоков в эколого-экономической системе

ток энергии создает устойчивую структуру и круговорот веществ между живой и неживой частями системы. В свою очередь экономическая система является организованной совокупностью производительных сил, которая преобразует входные материально-энергетические потоки природных и производственных ресурсов и выходные потоки предметов потребления и отходов производства. Таким образом, часть материальных элементов экологической системы, в том числе и элементов среды обитания человека, используется как ресурс экономической системы.

Общий вход производства – сумма производственных материальных ресурсов R_p – складывается из импортируемых в данную систему ресурсов R_i (к ним отнесены и невозобновляемые местные ресурсы) и из возобновляемых местных ресурсов R_n , причем к последним относится часть биопродукции экологической подсистемы, включая продукцию агроценозов и самого человека – и как ресурса, и как субъекта производства и потребления.

$$R_p = R_i + R_n.$$

Потребление C складывается из части местной нетто-продукции производства P_c , идущей на потребление (поток продукции, возвращающийся в цикл производства и цикл вторичной продукции, на схеме не показаны), а также из части местных биоресурсов C_n и импортируемых продуктов C_i :

$$C = P_c + C_n + C_i.$$

Местные ресурсы производства и потребления в сумме образуют поток изъятия ресурсов из экологической подсистемы:

$$U_n = R_n + C_n.$$

Эффективность производства определяется отношением P/R_p , где $P = P_i + P_c$, а отходность производства – отношением $(R_p - P)/R_p = W_p/R_p$.

Отходы производства W_p и потребления W_c поступают в окружающую среду как сумма отходов экономической подсистемы:

$$W = W_p + W_c.$$

Часть из них W_a включается в биогеохимический круговорот экологической подсистемы, а другая часть – W_z , накапливается и рассеивается с частичным выносом за пределы системы.

Часть отходов потока W_a подвергается ассимиляции и биотической нейтрализации в процессе деструкции; другая часть после биологической и геохимической миграции присоединяется к фракциям W_z и вместе с ними подвергается иммобилизации, рассеянию и выносу.

Таким образом, часть отходов выступает как техногенные загрязнения $M = KW$, где K – общий коэффициент агрессивности или вредности отходов для системы. В свою очередь, вред, наносимый загрязнением среды объектам системы, можно представить как косвенное изъятие части ресурсов экологической подсистемы, аналогичное U_n . Тогда $U_m = LM$, где L – интегральный коэффициент зависимости «загрязнение – ущерб». Сумма $U = U_n + U_m$ представляет собой общий убыток экологической подсистемы, обусловленный ее взаимодействием с экономической подсистемой.

Соотношение между промежуточными и конечными потоками загрязнений и их совокупный вредный эффект зависит не только от их массы и химического состава, но и от видового состава, биомассы, плотности реципиентов, продуктивности и устойчивости экосистемы, в частности, по отношению к техногенным воздействиям. Эти качества в наибольшей мере зависят от

входного потока обновления биогеохимического круговорота, его продуктивной емкости и масштаба деструкции.

Круговороты обеих подсистем ЭЭС образуют вместе своего рода технобиогеохимический круговорот, а всю ЭЭС можно обозначить как технобиогеоценоз. Потокам вещества в ЭЭС могут быть приписаны константы равновесия и скорости, что позволяет осуществить кинетический анализ системы и выявить условия ее уравнивания и стабильности. В сбалансированной эколого-экономической системе совокупная антропогенная нагрузка не должна превышать самовосстановительного потенциала природных систем.

Промышленность Российской Федерации играет значительную роль в загрязнении природы, включая в себя более 200000 производственных предприятий с довольно развитыми и разнообразными технологиями производства. Преобладающее воздействие на загрязнение природной среды оказывают предприятия металлургического комплекса, электроэнергетики, топливной и химической промышленности. Все более определяющую роль в состоянии воздушного бассейна крупных городов играет дорожно-транспортный комплекс, в котором выброс от передвижных и стационарных источников составляет более 60% от общего объема всех выбросов по РФ.

Оборудование и технологии, используемые для улавливания и обезвреживания выбросов вредных веществ в атмосферу, совершенствуются крайне медленно, в связи с чем продолжает оставаться низким уровень утилизации уловленных вредных веществ (лишь половина из них используется в производстве повторно). Основная доля улова приходится на менее опасные для здоровья населения твердые вещества, в то время как газообразные и жидкие улавливаются лишь на 25%.

На предприятиях промышленности строительных материалов из потока удается уловить 91,6% вредных веществ, химической и нефтехимической – 91,1%, электроэнергетики – 84%, цветной металлургии – 82,9%, нефтедобывающей – 3,1% и газовой – 1,2%.

Серьезной проблемой остается очистка сточных вод, сбрасываемых в водные объекты. Доля нормативно-очищенных сточных вод к объему вод, требующих очистки, в России составляет лишь 9,5%, в промышленности – 14,9%, в жилищно-коммунальном хозяйстве – 7,8%, а в сельском хозяйстве – 0,6%.

Промышленность РФ имеет высокий уровень использования оборотных систем водоснабжения, за счет которых экономия свежей воды составляет 78%. Особенно это проявляется в газовой (97%) и нефтеперерабатывающей (94%) промышленности, на предприятиях черной (93%) и цветной (91%) металлургии, а также в нефтехимии (91%).

Многие виды современных производств характеризуются образованием токсичных жидких отходов, для которых отсутствуют удовлетворительные технологии очистки или обезвреживания и, следовательно, требуется весьма длительная изоляция отходов от биосферы. Обеспечить подобную

изоляцию на поверхности земли практически невозможно, особенно для больших объемов отходов, измеряемых миллионами кубометров и размещаемых в различного рода прудах-накопителях, испарителях и других сооружениях. Подобные объекты неизбежно становятся источниками постоянного или эпизодического поступления вредных веществ в подземные или поверхностные воды прилегающих участков.

Конечно, более безопасным в экологическом отношении способом обращения с жидкими отходами является их подземное захоронение в глубокие водоносные горизонты платформенных артезианских бассейнов.

Общие принципы системного анализа процессов и аппаратов различных технологий

Возможно, наиболее важная операционная особенность подхода промышленной экологии заключается в ее способности фокусироваться не только на продукте, но также и на связанных с продуктом системах и их поведении. Идентификация соответствующей системы и связывание ее с соответствующими технологическими условиями часто бывает чрезвычайно важным шагом в любой успешной оценке в промышленной экологии. Поэтому полезно ввести и обсудить общую концепцию технологической системы.

Систему можно рассматривать как группу взаимодействующих, взаимозависимых частей, связанных обменом энергии, материи и (или) информации. Определение системы почти всегда немного спорно и требует от аналитика установить те виды обмена, которые соответствуют цели определения, понять внутренние связи системы и определить внешние условия, в которых действует эта система. Например, ни у кого не возникло бы желания определять экологические аспекты технологии по отношению к солнечной системе: система слишком велика и многие из связей с технологией косвенные. Скорее, можно было бы выбрать ограниченную систему, например воздействия на окружающую среду входящих и исходящих потоков и процессов, связанных с определенной технологией, в области или регионе; но можно ли сократить эти воздействия, если это необходимо? Даже в такой ограниченной системе неопределенность данных и сложности могут сделать достаточными определения и оценку только основных воздействий.

Наиболее важное различие между классами систем для промышленного эколога – различие между простым и сложным. Во многих случаях управленческий подход, структура регулирования и аналитические методы, традиционно используемые в вопросах, затрагивающих технологию, экономическую и экологическую эффективность, прямо или косвенно предполагали, что имеющаяся система – простая. Однако практически во всех случаях рассматриваемые системы – экономические, экологические или технологические – сложные. Термины, используемые здесь не в смысле классической фи-

зики (например, «простой» гармонический осциллятор), но в их словарных определениях: «сложная» означает «состоящая из взаимосвязанных частей», что делает сложное трудным для понимания; «простая», таким образом, не-объединенная и несоставная. Это различие имеет некоторые следствия.

1. Простые системы имеют тенденции вести себя линейно: выход системы линейно связан с входом. С другой стороны, сложные системы характеризуются сильными взаимодействиями между частями и нелинейными реакциями; например, соляное болото может быть относительно устойчивым к химическому загрязнению до превышения определенного порога, после которого даже малая доля дополнительного загрязнения быстро приведет к стремительной деградации. Это сложная система.

2. Простые системы обычно можно оценивать в терминах причины и следствия: действие просто отслеживается по всей системе до его предсказуемого последствия. С другой стороны, в сложных системах обнаруживаются обратные связи, которые часто делают зависимость между причиной и следствием сложной для определения.

3. Сложные системы в отличие от простых характеризуются значительными временными и пространственными неоднородностями структуры. В понимании вопросов, связанных с глобальным изменением климата, для большинства людей проблематично то, что там существуют большие временные лаги между оказывающей воздействие функцией (ездой на автомобиле или использованием электроэнергии, например) и возникающими изменениями глобальных климатических закономерностей. Временные лаги дополняются пространственными – связями между локальными видами деятельности, например ездой на автомобиле, и глобальными воздействиями, которые могут возникать в удаленных регионах (например, затопление побережья в Бангладеш).

4. Простые системы обычно характеризуются стабильной и известной точкой равновесия, в которую они предсказуемо возвращаются при возмущениях. Многие сложные системы, с другой стороны, функционируют далеко от равновесия, в состоянии постоянной адаптации к изменяющимся условиям. Сложные системы часто развиваются. Простые системы обычно остаются более или менее такими какие они есть.

5. Предполагается, что в простых системах изменение – это аддитивная функция характеристик подсистемы; т.е. система со стрессогенными факторами A и B будет иметь воздействие Y , определяемое уравнением

$$Y = A + B.$$

С другой стороны, в сложных системах неожиданное поведение может не быть аддитивным: мы не можем предсказать характеристики муравейника, суммируя наблюдаемое поведение отдельных муравьев, поскольку мы

упустили из виду эффекты взаимодействия. В сложной системе со стрессогенными факторами A и B воздействие Y может диктоваться этим интерактивным членом AB , значение и поведение которого может быть далеко от очевидного:

$$Y=A+B+f(AB).$$

Примером интерактивного эффекта может служить влияние водяного пара (A) и диоксида углерода (B) на температуру планеты (Y). В этой системе A и B не являются независимыми, поскольку, если концентрация диоксида углерода растет и планета нагревается, в атмосферу будет испаряться больше воды, увеличивая поглощение инфракрасного излучения и еще больше нагревая планету. Это эффект положительной обратной связи [1].

Технологическая система – совокупность функционально взаимосвязанных средств технологического отношения предметов производства и исполнителей для выполнения в регламентированных условиях производства заданных технологических процессов или операций.

К предметам производства относят: материал, заготовку, полуфабрикат и изделия, находящиеся в соответствии с выполняемым технологическим процессом в стадии хранения, транспортирования, формообразования, обработки, сборки, ремонта, контроля и испытаний.

К регламентированным условиям производства относят: регулярность поступления предметов производства, параметры энергоснабжения, окружающей среды и др. [2].

Техническое состояние – совокупность подверженных изменению в производстве или эксплуатации свойств, которые характеризуются установленными признаками – критериями состояния. Различают следующие виды технического состояния: работоспособное, неработоспособное, исправное, неисправное и предельное.

Работоспособное состояние – состояние технологической системы, при котором значения параметров и показателей качества изготавливаемой продукции, производительности, материальных и стоимостных затрат на изготовление продукции соответствует требованиям, установленным в нормативно-технической, конструкторской и технологической документации.

Параметры и показатели качества изготавливаемых деталей характеризуют их точность, шероховатость и волнистость обработанных поверхностей и показателей качества поверхностного слоя деталей. Это выходные параметры технологической системы. К материальным и стоимостным затратам относятся: расход сырья, материалов, энергии, инструментов, стоимость технического обслуживания и т. д.

Надежность технологической системы – ее свойство сохранять во времени работоспособное состояние.

Неработоспособное состояние – это состояние технологической системы, при котором значение хотя бы одного параметра, характеризующего способность выполнять заданные функции, не соответствует требованиям нормативно – технической, конструкторской и технологической документации.

Отказ – это событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния.

Критерий отказа – признак или совокупность признаков нарушения работоспособного состояния объекта, установленные в нормативно – технической и конструкторской документации.

Следует отметить, что технологическая система состоит из ряда элементов: станка, приспособления, инструмента и др. Элемент – это часть технологической системы, условно принимаемая неделимой на данной стадии ее анализа. Естественно, что отказ одного из элементов означает отказ всей технологической системы.

К понятиям, связанным с изменением в технологической системе, относится повреждение, заключающееся в нарушении исправного состояния при сохранении работоспособности состояния. Исправное состояние – это состояние, при котором технологическая система соответствует всем требованиям нормативно-технической и конструкторской документации. Различие работоспособного и исправного состояний заключается в следующем: переход объекта из исправного состояния в неисправное, но еще работоспособное происходит из-за повреждений. Например, пригодный к работе инструмент будет неисправным при величине износа, которая не препятствует применению инструмента по назначению.

К этой группе понятий относится определение предельного состояния объекта, т. е. состояния, при котором его дальнейшая эксплуатация недопустима или нецелесообразна, либо восстановление его работоспособного состояния невозможно или нецелесообразно. Из определения следует, что переход в предельное состояние означает временное или окончательное прекращение эксплуатации объекта.

Работоспособное состояние технологической системы, как видно из определения, это не только ее способность функционировать, но, функционируя, обеспечивать заданной технической документацией параметры качества обрабатываемой детали. В связи с этим отказы технологической системы подразделяют на функциональные и параметрические.

Функциональный отказ – отказ технологической системы, в результате которого наступает прекращение ее функционирования, непредусмотренное регламентированными условиями производства или в конструкторской документации. Функциональный отказ наступает в результате разрушения деталей станка, приспособления инструмента, что приводит к невозможности

обеспечения, например, формообразующих движений резания или транспортировки заготовки. Полностью исключить функциональные отказы невозможно, но большая часть функциональных отказов является следствием ошибок при конструировании, изготовлении или назначении условий эксплуатации технологической системы. Они не связаны со временем, легко обнаруживаются.

Параметрический отказ – отказ технологической системы, при котором сохраняется ее функционирование, но происходит выход значений одного или нескольких параметров технологического процесса за пределы, установленные в нормативно-технической или конструкторской и технологической документации. При эксплуатации технологическая система подвержена механическим, тепловым и другим воздействиям, которые вызывают повреждения и изменяют значения параметров ее начального состояния: снижается точность, нарушается стабильность работы. Параметрический отказ связан со временем и присущ всякой технологической системе, которая должна обеспечить заданные точность, шероховатость, производительность. Такие требования определяют параметрическую (технологическую) надежность технологической системы.

Функционирование всех элементов технологической системы обеспечивает выполнение технологического процесса. Но качественные показатели обрабатываемых деталей формирует в основном технологическое оборудование – станок с приспособлением и инструмент. В связи с этим рассматривается параметрическая (технологическая) надежность станков и инструментов, их свойство сохранять во времени в заданных пределах значения параметров, определяющих необходимое качество обработки деталей.

Наработка – продолжительность или объем работы технологической системы. Единицы измерения наработки могут быть временные (часы, минуты) и штучные. Последние используются в связи с тем, что скорость развития повреждений зависит не только от времени, но и от интенсивности эксплуатации технологической системы, от количества изготовленных деталей в единицу времени.

Наработка до отказа – наработка от начала эксплуатации до возникновения первого отказа.

Ресурс – это суммарная наработка от начала эксплуатации технологической системы или ее возобновления после ремонта до перехода в предельное состояние.

Остаточный ресурс – это суммарная наработка от момента определения технического состояния объекта до перехода в предельное состояние.

Если технологическая система получает повреждение даже тогда, когда она не работает (например, коррозия), то календарная продолжительность до предельного состояния называется сроком службы. Для того чтобы обеспечить заблаговременные, предупредительные прекращения эксплуата-

ции технологической системы, исходя из технико-экономической целесообразности, устанавливают регламентированные временные показатели, например, назначенный ресурс. Это суммарная наработка, при достижении которой эксплуатация технологической системы должна быть прекращена, независимо от ее технического состояния. Назначенный ресурс относится к порядку технического обслуживания технологической системы.

Безотказность – свойство технологической системы не прерывно сохранять работоспособное состояние в течении некоторого времени или наработки.

Долговечность – свойство технологической системы сохранять работоспособное состояние до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонта.

Между последними двумя понятиями существуют различия во временных показателях. В первом определении принимается некоторое время или наработка непрерывной работы технологической системы без подналадок и ремонта, т.е. без перерывов, вызванных отказами. Во втором – суммарное время, состоящее из нескольких наработок до отказа. Для невосстанавливаемых объектов понятие безотказности и долговечности совпадают.

Время в этих определениях отображает некоторое обобщающее свойство технологической системы и ее элементов, которое позволяет противостоять воздействию рабочих нагрузок, приводящих к отказу. Но если основные физические свойства объекта можно определить в любой момент, то время – наработку до отказа или ресурс – лишь после того, как наступил отказ или достигнуто предельное состояние. До этого момента можно только прогнозировать их время появления, которое зависит от многих разнообразных, часто не доступных контролю и сложно взаимодействующих между собой факторов [3].

Технические и химико-технологические системы

Системный подход характеризуется представлением объектов разной природы в виде системы взаимодействующих элементов, выбором математической модели и исследованием ее на ЭВМ. Инструмент системного подхода, прежде всего, моделирование – логическое, математическое, машинное, организационное.

Отнесение тех или иных инженерных объектов к системам условно и связано с тем, насколько существенны комплексные системные факторы, что зависит как от свойств самой системы, так и от задач, ради которых ведется ее разработка.

Всякая система состоит из взаимосвязанных и взаимодействующих между собой и с внешней средой частей. Химическая система включает: собственно химический процесс, аппарат для его реализации, экобиозащитный узел (блок), средства для контроля, управления и связи основного и вспомо-

гательного процессов. Соответствующие промышленные процессы протекают в так называемых химико-технологических системах (ХТС), каждая из которых – совокупность процессов и аппаратов, объединенных в единый производственный комплекс для выпуска продукции разного назначения.

Технология (греч. *techno* – искусство, мастерство, умение + лат. *logos* – наука) – совокупность методов обработки, изготовления, изменения состояния, свойств, формы сырья, материала или полуфабриката, применяемых в процессе производства продукции. Это наука о способах воздействия на сырье, материалы и полуфабрикаты соответствующими орудиями производства. Иными словами, технология – способ производства и/или переработки продукции с прибороаппаратным оформлением.

Техника – совокупность средств человеческой деятельности, созданных для осуществления процессов производства и обслуживания непроизводственных потребностей общества.

Под технической системой (ТС) понимается совокупность методов и средств человеческой деятельности, созданных и направленных для реализации инженерных задач в разных сферах деятельности. Цель проектирования технических систем – не только достижение требуемой производительности и качества получаемой продукции, но и обеспечение экологической и промышленной безопасности эксплуатации и обслуживания ХТС. Разработка безопасных ХТС реализуется в ходе системного инженерно – конструкторского проектирования, иначе – системой автоматизированного проектирования (САП). Правила, порядок разработки и оформления графической и текстовой документации устанавливаются комплексом стандартов Единых систем конструкторской (ЕСКД) и технологической документации (ЕСТД) – ГОСТ 2.111 – 68 «ЕСКД. Нормоконтроль» и ГОТС 3.1120 – 83 «ЕСТД. Общие правила отражения и оформления требований безопасности труда в технологической документации».

Системный анализ – стратегия изучения сложных систем, в частности, технологических процессов в производстве. В основе стратегии системного анализа лежат следующие общие положения: четкая формулировка цели исследования, постановка задачи по реализации этой цели и определение критерия эффективности решения задачи; разработка развернутого плана исследования с указанием основных этапов и направлений решения задачи; пропорционально – последовательное продвижение по всему комплексу взаимосвязанных этапов и возможных направлений; организация последовательных приближений и повторных циклов исследований на отдельных этапах; принцип нисходящей иерархии анализа и восходящей иерархии синтеза в решении составных частных задач.

Основной метод исследования ХТС – математическое моделирование. Наряду с моделями отдельных аппаратов используют модель всей системы ввиду взаимовлияния процессов, протекающих в отдельных аппаратах.

Предполагается, что аппараты, обеспечивающие реализацию высокоэффективных малоотходных и энергосберегающих технологий, являются элементами (подсистемами) одной большой установки. Анализ структуры такой системы связан с декомпозицией ее элементов и подсистем, выявлением их устойчивых взаимоотношений и обычно проходит в две стадии: первая включает математическое моделирование отдельных подсистем, так называемое макроисследование, вторая – микроисследование элементов подсистем. На второй стадии изучают процессы, протекающие в машинах или агрегатах, и совершенствуют используемое оборудование.

Математическое моделирование используется на уровне как отдельных процессов и аппаратов, так и их совокупностей. В модели должны учитываться принципы наилучшего использования сырья, повышения качества целевого продукта, рационального применения энергии, транспорта, информации, экологической защиты.

Многие технологические процессы отличаются большим ассортиментом продуктов, которые можно получить из одного и того же сырья, разнообразием оборудования для получения одного и того же продукта, динамикой промышленных выбросов (газообразных, жидких, твердых), специфическими условиями их хранения и дальнейшей переработки (области использования). Поэтому за элемент системы принимают обычно технологическую операцию, включающую несколько физико-химических процессов. Превращение исходного сырья в промежуточный продукт и затем в конечное изделие происходит в результате нескольких операций, совокупность которых образует подсистему.

Учитывая условия агрегации таких подсистем в ХТС, можно ввести следующие уровни иерархии технологического производства (табл. 1.2).

Таким образом, системный анализ – не только стратегия изучения сложных ХТС, но и научная основа резкого сокращения сроков промышленной реализации лабораторных разработок. В качестве метода исследования в нем используется математическое моделирование, а основным принципом является декомпозиция сложной системы на более простые подсистемы (принцип иерархии системы). В этом случае математическая модель системы строится по блочному принципу: общая модель подразделяется на блоки, которые довольно просто отображаются математическими описаниями. При этом необходимо помнить, что все подсистемы взаимодействуют, образуя обобщенную (единую) математическую модель.

Сырьевая подсистема на примере стекольного производства

Необходимо принимать во внимание, что элементы верхнего уровня иерархии – отрасли или заводы – связаны взаимно и с окружающей средой многочисленными подсистемами для транспорта сырья, энергии, полупродуктов и

т. п. Они также содержат многовариантные подсистемы для закупки, распределения, хранения сырья, продуктов, сроков ввода новых объектов и т. д.

Энергетическая подсистема технологических систем

Энергетическая подсистема является одним из основных звеном любого технологического процесса. Это не только энергия топлива, которая необходима для осуществления технологического процесса, но и обеспечение всех производственных структур предприятия: отопление, электроэнергия.

При анализе структуры энергопотребления из общего энергопотребления промышленности примерно 40% приходится на котельно-топочное топливо. Когда топливо сжигается в прямую, например, промышленные печи или котлоагрегаты, то средний коэффициент использования химической энергии топлива не превышает 30%. 70% - потери с уходящими дымовыми газами. То есть наряду с энергетическими топливоиспользующими установками котельные и промышленные печи являются крупными воздействующими объектами на окружающую природную среду. Следовательно, окружающая природная среда от этих объектов загрязняется не только тепловыми выбросами, но и элементами недожога органического топлива, это значит, что подобные выбросы могут полностью или частично использоваться в качестве вторичного энергетического ресурса.

Таблица 1.2

Уровни иерархии технологического производства

Уровень иерархии	Типовой пример
Отрасль	Совокупность заводов, объединенных сырьем, полупродуктами, целевыми продуктами
Завод	Совокупность цехов, объединенных общим сырьем или полупродуктами, или вторично используемыми отходами, включая вспомогательные службы
Цех	Совокупность отделений, работающих на выпуск заданной продукции: предварительной обработки сырья, выпуска товарной продукции, переработки отходов, обеспечения и обезвреживания промышленных выбросов
Технологическая линия	Процесс (измельчение, смешение и т. п.) или совокупность процессов (компактирование + классификация + транспортировка), связанных общей производственной линией
Типовое оборудование (элемент системы)	Дробилка, измельчитель, смеситель, валковый пресс, термический реактор и т. п.



Рисунок 1.9 – Схема системной разработки и усовершенствования ресурсосберегающей техники подготовки и переработки стекольных шихт[4].

Технологические схемы использования вторичных энергетических ресурсов также необходимо совершенствовать, оснащая их современными утилизационными установками (теплообменниками). Запасы энергетических ресурсов на данный момент истощаются, так как энергетический комплекс занимает одно из ведущих мест в технологических процессах. Поэтому следует обратить особое внимание на эту проблему. Необходимо вносить изменения в технологические цепочки, связанные с энерго – и ресурсосбережением.

Анализ и синтез технологических систем

Анализ системы – рассмотрение этой системы как состоящей из групп взаимодействующих, взаимозависимых частей, выделение этих частей в подсистемы.

Синтез системы – обособление всех частей системы в единое целое, объединение простых подсистем в более сложную обобщенную модель (система).

В общем случае системы регулирования представляют собой сложные нелинейные, нестационарные системы с распределенными параметрами. Но, к сожалению общего метода анализа и синтеза таких систем не существует. Поэтому в практике расчета и проектирования технологических систем широко применяют линейную теорию, что объясняется рядом причин:

- методы решения нелинейных задач в случае достаточно сложных систем обычно требуют для своей реализации весьма сложных алгоритмов, а класс системы, для которых применимы эти алгоритмы, как правило, либо узок, либо не поддается точному определению;

- многие процессы и объекты достаточно широко описываются линейными моделями;

- линейное управление сравнительно легко реализуется и часто дает требуемые результаты;

- при малых отклонениях относительно опорного режима или траектории возможна линеаризация;

- методы гармонической и статистической линеаризации, позволяя в некоторой степени учесть эффект нелинейности, приводят по существу к линейным задачам;

- линейным регуляторам можно придать достаточные запасы устойчивости и в известной мере учесть их «грубость» по отношению к нелинейностям.

Кроме того, линейные методы можно в сложных случаях рассматривать как предварительный первый шаг в итерационном процессе проектирования, так как на следующем шаге возможно применение еще такого мощного средства, как имитационное моделирование с учетом нелинейностей и т. д.

Линейная теория автоматического управления в сочетании с вычислительной техникой позволяют представить весь процесс анализа и синтеза сложных систем не как процесс статистических испытаний, а как итеративный процесс, направляемый проектировщиком.

Процесс автоматизированного синтеза систем, основанный на использовании линейной теории автоматизированного управления, заключается в следующем:

- составляется математическое описание технологического процесса с учетом нелинейности, адекватное поведению реального объекта;

- осуществляется предварительный выбор (синтез) структуры технологической системы;

- составляется математическое описание всей системы с учетом нелинейности;

- осуществляется синтез законов регулирования и управления и предварительный анализ полученных результатов одним из линейных методов теории автоматизированного управления;

– проводятся анализ и уточнение результатов методом моделирования на ЭВМ или имитационного моделирования полной модели синтезированной системой автоматизированного управления [5].

Проектирование технологических процессов может быть значительно упрощено, если отдельные операции проектирования выполнять по типовым правилам. Именно такой подход и составляет основу идеи типизации технологических процессов. Классификация, унификация технологических схем, разработка типовой документации и типовых технологических расчетов позволяет повысить эффективность технологических разработок. При этом, чем выше упорядоченность процесса проектирования, тем совершеннее система технологической подготовки. Однако при этом доля творческого труда инженера – технолога соответственно сокращается, а объем операций поиска информации и ее переработки по типовым правилам заметно возрастает [6].

Литература

- 1 Гридэл, Т. Е. Промышленная экология: Учеб. Пособие для вузов/ Т. Е. Гридэл, Б. Р. Алленби/ Пер. с англ. под ред. проф. Э.В. Гирусова. – М.: ЮНИТИ – ДАНА, 2004. – 513 с. Библиотека КГТУ
- 2 Инженерная экология: Словарь – справочник: Около 6000 слов/ В.А. Баранов, Л. Н. Горбунова, В.М. Журавлев и др., Под общ. ред В. М. Журавлева, О. Н. Русака. Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2005. – 601 с. Библиотека КГТУ
- 3 Синопальников, В. А. Надежность и диагностика технологических систем: Учебник/ В. А. Синопальников, С. Н. Григорьев. – М.: Высш. шк., 2005. – 343 с. Краевая библиотека
- 4 Калыгин В. Г. Промышленная экология: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений/ В.Г. Калыгин. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 432с. Библиотека КГТУ
- 5 Автоматизированное проектирование систем автоматического управления/ Я. Я. Алексанкин, А. Э. Бржозовский, В. А. Жданов и др., Под ред. В. В. Солодовникова. – М.: Машиностроение, 1990. – 332 с. Библиотека КГТУ
- 6 Автоматизация проектирования технологииковки на молотах/ В. Н. Трубин, С. Д. Шалягин, С. Н. Орлов и др. – М.: Машиностроение, 1974. – 160с. Библиотека КГТУ.
7. Козловский В.А. Производственный менеджмент: Москва, 2003.
8. Акимова Т.А, Хаскин В.В. Экология – М.:ЭНИТИ, 1998.
9. Калыгин В.Г. Промышленная экология: Учебное пособие для студентов высших заведений – Москва, 2004.
10. Производственный менеджмент. Учебник для вузов / Под ред. проф. Ильенковой С. Д.. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2000.

2. ТВЕРДЫЕ И ЖИДКИЕ ОТХОДЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ, ЗАГРЯЗНЕНИЕ ЛИТОСФЕРЫ, СПОСОБЫ СОКРАЩЕНИЯ ОТХОДОВ

Виды отходов производства и масштабы их образования

Отходы производства – это остатки сырья, материалов, полуфабрикатов, иных изделий или продуктов, образовавшиеся в процессе производства и потребления, а также продукции, которая утратила свои потребительские свойства. Отходы могут быть самыми различными (рис. 2.1).

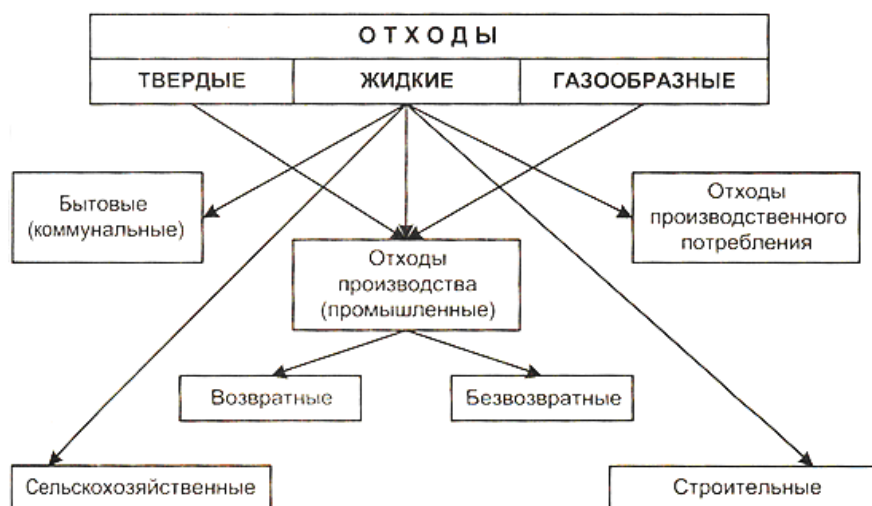


Рисунок 2.1 – Основные виды отходов (В. А. Вронский, 1996 г.)

Промышленные отходы (или отходы производства) – это остатки сырья, материалов, полуфабрикатов, образовавшиеся при производстве продукции или выполнении работ и утратившие полностью или частично потребительские свойства. К таким отходам можно отнести и отходы потребления – изделия и машины, утратившие свои потребительские свойства в результате физического или морального износа.

Классификация отходов по агрегатному состоянию (рис. 2.2) (твердые, жидкие, газообразные или пылегазовые) позволяет более точно идентифицировать отходы, что является очень важным при выборе способа и технологии обращения с отходами (сжигание, утилизация, захоронение). Например, газообразные отходы хранятся в специальных емкостях или резервуарах, жидкие отходы – в герметичных контейнерах. Способы накопления и хранения твердых отходов достаточно разнообразны (контейнеры, площадки, полигоны и др.).



Рисунок 2.2 - Классификация отходов по агрегатному состоянию

При определении технологии обращения с отходами пользуются классификацией отходов по степени горючести и взрывоопасности. Не следует забывать и о токсичности отдельных видов отходов.

В ряде случаев применяется система классификации отходов по производственным циклам, основанная на отраслевом принципе, позволяющая проводить детализацию по технологическим стадиям производства основного продукта с целью выявления операций (стадий), при которых образуются побочные продукты, не предусмотренные основным технологическим циклом. Например, в химической промышленности при синтезе органических продуктов образуются объемные остатки, не предусмотренные целевым синтезом (при ректификации, перегонке и др.). В отдельных случаях применяются другие системы классификации отходов, которые носят узко профессиональный или сугубо ведомственный характер.

Все рассмотренные выше системы классификации отходов в основном направлены на решение задач по использованию отходов в качестве вторичного сырья и отражают скорее количественные показатели, чем качественные. Однако физико-химический состав отходов производства и потребления

имеет большое значение при выборе технологии дальнейшего обращения с отходами.

[Классификация отходов по физико-химическим свойствам и характеристикам особенно важна при оценке влияния отходов на окружающую среду, и в первую очередь это касается токсичных и опасных отходов.

Характеристикой токсичности вещества считается показатель летальной дозы ЛД₅₀, при которой у 50% подопытных индивидуумов наступает летальный исход. Значения токсичности, полученные на опытах с животными, являются основой для законодательного определения предельно допустимой концентрации ПДК вредных веществ.

Всемирная Организация Здравоохранения (ВОЗ) разработала систему классификации опасных промышленных отходов, которая принята ООН в рамках программы по окружающей среде и включает перечень токсичных и опасных компонентов промышленных отходов. В этот перечень включены такие вещества как: мышьяк и его соединения, фармацевтические препараты, канцерогенные полициклические и ароматические галогенорганические соединения, за исключением полимерных материалов, ртуть и ее соединения и многие другие. Степень опасности отходов зависит не только от класса и концентрации токсичных веществ, содержащихся в отходах, но и от синергического эффекта нескольких компонентов.

В последнее время в ряде Европейских стран классификация отходов производится с позиций их экологичности. Однако такой подход затрудняет процесс оценки отходов как сырья или материалов с целью дальнейшего использования их в сфере производства и потребления. Одной из основных задач производственной и коммерческой деятельности следует рассматривать экономию сырьевых и энергетических ресурсов. В этой связи происходит сближение интересов производителей и потенциальных потребителей отходов, владеющих современными технологиями и производственными мощностями по использованию отходов в качестве сырья.

Отходы, в отличие от первичного сырья, заранее не ориентированы на конкретную технологию (область) их использования. Например, одни и те же отходы могут быть использованы в различных сферах производства и потребления. Поэтому для обоснованного выбора системы классификации отходов по названному принципу целесообразно принимать во внимание отличительные особенности отходов в сравнении с кондиционным первичным сырьем и материалами. Используя отличительные признаки (особенности) все отходы можно объединить в три группы [3]:

1. Отходы, которые в отличие от первичного сырья имеют неблагоприятные характеристики однородности, чистоты и состава. Причинами этого являются: различная степень износа, деструкции, загрязненности, климатические и другие факторы, вызывающие значительный разброс физико-химических характеристик и технологических свойств вторичного сырья.

Хотя эти характеристики носят стохастический характер, тем не менее, они определяют эффективные технологии переработки отходов, а также качество материалов и изделий, полученных с использованием вторичного сырья (отходов) с учетом всего комплекса экологических и экономических проблем.

2. Отходы производства и потребления, для которых не определено дальнейшее использование, хотя для первичного продукта запланирована возможность использования его в качестве вторичного сырья, т.е. задан определенный набор и значения характеристик, подлежащих измерению и внесению в технические условия (ТУ) и другие нормативно-технические документы (НТД) и отвечающих за эффективные направления переработки этого первичного продукта.

3. Первичное сырье или продукты производства в процессе переработки или эксплуатации превращаются в отходы. При этом наряду с ухудшением или потерей ими ряда потребительских качеств приобретаются новые свойства, не характерные или полностью отсутствующие у первоначального аналога.

В этой связи одной из центральных задач при описании отходов является определение для каждого конкретного вида характеристик, которые подлежат измерению, и эффективных направлений его использования. С учетом изложенного выше технические характеристики конкретного вида отходов могут быть условно объединены в две группы:

- группа свойств, важнейших для данного вида материала, измерение которых обязательно для определения традиционных путей его использования;
- группа вновь приобретенных свойств, измерение которых необходимо для определения новых, нетрадиционных путей использования конкретного материала.

Определение свойств, объединенных в первую группу, может быть выполнено путем анализа научной литературы, в первую очередь, нормативно-технической документации для данного вида сырья, материалов и изделий, из которых образовались отходы.

Как правило, методики измерений этих характеристик хорошо отработаны и унифицированы. Они отражены в ГОСТ и другой научно-технической документации. Для группы вновь приобретенных свойств, не характерных для первичных аналогов, как правило, требуется создание оригинальных методик определения этих свойств или использование методик, изложенных в научно-технической литературе. Такие методики требуют унификации как методов измерений свойств отходов, особенно «новых», так и методов выявления и определения всех необходимых свойств конкретных отходов, которые подлежат измерениям.

Названные отличия вторичного сырья указывают на его специфику, что позволяет рассматривать это сырье в ряде случаев как новый вид сырья подлежащий столь же детальному изучению, как это имеет место при исследо-

вании добываемых или синтезируемых сырья и материалов. Изучение вторичного сырья должно быть направлено, с одной стороны, на выделение его техногенных характеристик и свойств, которые бы позволили вовлечь отходы в эффективные технологические процессы их переработки. С другой стороны, детальное исследование физико-химических свойств отходов позволило бы определить их воздействие на человека и окружающую среду, что необходимо для обоснованных решений об их складировании, захоронении, уничтожении.

Анализ существующих подходов и систем классификации отходов как вторичных материальных ресурсов (ВМР) показывает, что параметры, по которым характеризуются отходы как ВМР, можно представить в виде структуры, приведенной на рис. 2.3.



Рисунок 2.3 - Структура характеристик, необходимых при классификации отходов как ВМР

Анализ отходов

Системы классификации отходов, наряду с количественными показателями отходов, включают их качественные характеристики и свойства, которые составляют основу паспорта отходов.

Бытовые (коммунальные) отходы – твердые вещества, не утилизируемые в быту, образующиеся в результате амортизации предметов быта и самой жизни людей. В соответствии с приказом Министерства природных ресурсов (МПР) России от 15.06.2001 г. № 511 «Об утверждении критериев отнесения опасных отходов к классу опасности для окружающей природной среды» все отходы подвергнуты классификации по опасности для окружающей среды (табл. 2.1).

Таблица 2.1

Критерии отнесения отходов к классу опасности для окружающей среды (ОС)

№ п/п	Степень вредного воздействия опасных отходов на ОС	Критерии отнесения опасных отходов к классу опасности для ОС	Класс опасности отхода для ОС
1	Очень высокая	Экологическая система необратимо нарушена. Период восстановления отсутствует	I класс Чрезвычайно опасные
2	Высокая	Экологическая система сильно нарушена. Период восстановления не менее 30 лет после полного устранения источника вредного воздействия	II класс Высокоопасные
3	Средняя	Экологическая система нарушена. Период восстановления не менее 10 лет после снижения вредного воздействия от существующего источника	III класс Умеренно опасные
4	Низкая	Экологическая система нарушена. Период самовосстановления не менее 3-х лет	IV класс Малоопасные
5	Очень низкая	Экологическая система практически не нарушена	V класс Практически неопасные

Общее количество опасных отходов для России можно оценить только приблизительно. Округленные данные из Государственных докладов приведены в табл. 2.2 (В. М. Гарин и др., 2005 г.).

Таблица 2.2
Накопление твердых промышленных отходов за 1998-1999 гг.

Наименование видов и классов опасности отходов	Общее накопление, млн. т.	Обезврежено и использовано, %	Передано для использования и захоронения, %
Общая масса	107	39,4	18,0
	108	34,4	38,0
I класс	0,25	10,8	4,8
	0,338	18,9	2,8
II класс	2,3	42,7	13,0
	2,8	41,7	5,0
III класс	11,35	80,7	14,8
	5,1	47,2	19,4
IV класс	93,1	34,3	16,5
	99,8	33,6	39,0

Проблема отходов в настоящее время весьма остро стоит во многих странах мира. В частности, в городах США образуется ежегодно около 150 млн. т отходов, а в значительно меньшей по размеру Японии их количество превышает 72 млн. т ежегодно.

Согласно расчетам специалистов, норматив накопления твердых промышленных отходов (ТПО) для России выше, чем для развитых европейских стран: 2,1 и 1,5 кг/сут.чел соответственно. Наибольшая часть из сотен миллионов тонн промышленных отходов образуется угольной промышленностью, предприятиями черной и цветной металлургии, тепловыми электростанциями, промышленностью строительных материалов.

В последние годы возросло количество опасных (токсичных) отходов, которые способны вызывать отравление или иное поражение живых существ. К ним относятся, прежде всего, различные ядохимикаты, не использованные в сельском хозяйстве, отходы промышленных производств, содержащие канцерогенные и мутагенные вещества, и другие. В США 41 % твердых бытовых отходов (ТБО) классифицируют как «особо опасные», в Венгрии – 33,5 %, в то время как во Франции – 6 %, Великобритании – 3 %, а в Италии и Японии – только 0,3 %.

В нашей стране накоплено около 80 млрд. т отходов (А. М. Никаноров, Т. А. Хоружая, 1999 г.), и ежегодно их количество увеличивается. К началу 1997 г. на предприятиях различных отраслей промышленности скопилось

более 1,4 млрд. т только токсичных отходов. Острым является вопрос о так называемых химических «ловушках» – давно забытых захоронениях опасных отходов, на которых построили жилые дома и другие объекты. Они со временем дают о себе знать, в частности, появлением необычных заболеваний среди местного населения. Учет подобных захоронений в США показал, что имеется в наличии не менее 32 тыс. потенциально опасных; в ФРГ – выявлено около 50 тыс. таких участков, в Нидерландах – 4 тыс. Химическими ловушками могут быть и более 80 мест ядерных взрывов под землей, проведенных в интересах экономики на территории России.

Сертификация отходов

Обращение с отходами – деятельность, в процессе которой образуются отходы, а также деятельность по сбору, использованию, обезвреживанию, транспортированию, размещению отходов.

В России основы обращения с отходами производства и потребления определяются Федеральным Законом РФ от 24.06.98 г. № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления» (с изменениями от 29.12.2000 г.) и другими нормативными документами. Федеральный классификационный каталог отходов – перечень образующихся в Российской Федерации отходов, систематизированных по совокупности приоритетных признаков: происхождению, агрегатному и физическому состоянию, опасным свойствам, степени вредного воздействия на ОС. На основании этих данных для внесения в каталог отходу присваивается код с системой 13-уровневой классификации и кодирования отходов (табл. 2.3).

Тринадцатизначный код определяет вид отходов, характеризующий их общие классификационные признаки. Первые восемь цифр используются для

Таблица 2.3

Федеральный классификационный каталог отходов

Код	Наименование
10000000 00 00 0	Отходы органические природного происхождения (животного и растительного)
11000000 00 00 0	Отходы производства пищевых и вкусовых продуктов
11100000 00 00 0	Отходы производства пищевых продуктов
11400000 00 00 0	Отходы производства вкусовых продуктов
30000000 00 00 0	Отходы минерального происхождения
31000000 00 00 0	Отходы минерального происхождения (исключая отходы металлов)

кодирования происхождения отхода; девятая и десятая цифры используются для кодирования агрегатного состояния и физической формы; одиннадцатая и двенадцатая цифры используются для кодирования опасных свойств и их комбинаций; тринадцатая цифра используется для кодирования класса опасности для ОС (0 – класс опасности не установлен, 1 – I класс опасности, 2 – II класс опасности, 3 – III класс опасности, 4 – IV класс опасности, 5 – V класс опасности).

Приказом МПР России от 02.12.2002 г. № 785 утверждена форма **паспорта опасного отхода**. Указанный паспорт составляется и утверждается юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями, в процессе деятельности которых образуются опасные отходы, по согласованию с территориальным органом МПР России по соответствующему субъекту Российской Федерации. Паспорт опасного отхода составляется: 1) на отходы, обладающие опасными свойствами (пожароопасность, взрывоопасность, токсичность, высокая реакционная способность, содержание инфекционных болезней; 2) на отходы I-IV класса опасности для окружающей среды

Деятельность любого предприятия сопровождается проектом нормативов образования отходов и лимитов на их размещение (ПНООЛР) суть которого состоит:

- в установлении норматива образования отходов для действующего предприятия, исходя из анализа технологии производства и источников образования отходов;
- в формировании лимитов размещения отходов;
- в выборе и обосновании методов обращения с отходами, которые обеспечивают достижение установленных нормативов их образования и лимитов размещения.

Целями нормирования являются:

- обеспечение государственного регулирования процессов обращения с отходами на конкретном предприятии и в масштабах всей страны;
- стимулирование предприятия к снижению объемов отходов и уровня их экологической опасности;
- обеспечение соблюдения условий и способов их размещения, ресурсосбережение, утилизацию отходов;
- стимулирование создания малоотходных технологий и поиск путей использования отходов в качестве вторичных материальных ресурсов.

Для достижения заявленных целей необходимо предварительно решить следующие задачи (А.П. Хаустов, 2005 г.):

- анализ производственных процессов как источников образования отходов;
- разработка паспортов опасных отходов в соответствии с федеральным классификатором отходов;

– определение перечня, состава и физико-химических характеристик отходов;

– расчет и обоснование нормативов образования и количества отходов;

– составление материально-сырьевого баланса;

– построение схемы операционного движения отходов;

– сбор и анализ характеристик мест временного хранения (накопления) отходов, обоснования количества временного хранения (накопления) отходов на территории предприятия и периодичности вывоза отходов;

– анализ характеристик промышленных установок и технологии по переработке и обезвреживанию отходов, которые имеются на предприятии, и выработка предложений по их использованию;

– подготовка обоснования выбора (использования) объектов размещения отходов;

– организация наблюдения за состоянием элементов ОС на объектах размещения отходов предприятия;

– разработка предложений по противоаварийным мероприятиям;

– разработка мероприятий, направленных на снижение влияния на ОС отходов, образующихся на предприятии;

– формирование предложений по установлению лимитов размещения отходов.

Для проведения **инвентаризации** источников образования отходов и последующей разработки ПНООЛР требуются исходные данные, в качестве которых выступают:

– карта-схема предприятия с нанесенными на нее местами временного хранения отходов;

– информация о технологии основного и вспомогательного производств и технологическом оборудовании с позиций образования отходов;

– сведения об источниках образования отходов;

– данные о численности персонала, производственных и других площадях и другая информация, которая определяет состав и нормативы образования бытовых отходов;

– перечень отходов, образующихся на данном предприятии;

– имеющиеся в наличии паспорта опасных отходов;

– заключенные договоры на вывоз и размещение отходов за пределами предприятия;

– данные первичного учета, формы статистической отчетности № 2-тп (отходы).

Проект нормативов образования отходов и лимитов на их размещение должен содержать следующую информацию:

– титульный лист, аннотацию, содержание, введение;

– общие сведения об юридическом лице или индивидуальном предпринимателе;

- характеристику производственных процессов как источников образования отходов;
- паспорт опасного отхода с указанием кода отхода согласно ФККО;
- перечень, состав и физико-химические характеристики отходов, образующихся в результате производственной деятельности;
- расчет и обоснование нормативов и количества образующихся отходов;
- материально-сырьевой баланс;
- характеристику мест временного хранения (накопления) отходов у юридического лица или индивидуального предпринимателя, обоснование количества временного хранения (накопления) отходов и периодичности вывоза отходов;
- характеристику установок и технологий по переработке, обезвреживанию отходов;
- сведения об объектах размещения отходов;
- сведения об организации наблюдения за состоянием ОС на объектах размещения отходов;
- сведения о противоаварийных мероприятиях;
- сведения о мероприятиях, направленных на снижение влияния отходов на ОС;
- предложения по лимитам размещения отходов;
- приложения.

Конкретно состав ПНООЛР определяется категорией предприятия, которая устанавливается согласно табл. 2.4.

В том случае, если предприятие будет отнесено к I и II группам по обращению с отходами, необходимо получить на проект заключение органов санэпиднадзора. Получение разрешения (лимита) на размещение отходов разрешает следующие процедуры; выдачу лицензий на обращение с отходами; проведение государственного контроля и регулирования обращения с отходами; установление размеров соответствующих экологических платежей; наложение штрафов и предъявление исков о возмещении ущерба при нарушении законодательства по обращению с отходами; оценку эффективности разработанных мероприятий по ресурсосбережению и утилизации отходов, а также созданием малоотходных технологий.

Разработка нормативов образования отходов для предприятия проводится на основе утвержденных компетентными органами методик расчета, которые являются типовыми для всех отраслей промышленности.

Порядок воздействия на отходы

Надлежащая организация сбора, хранения и транспортировки отходов вносит большой вклад в оздоровление ОС. Хранение экологически опасных веществ и отходов состоит в их содержании в объектах размещения отходов

Категории предприятий

Категории	Краткая характеристика предприятия и его особенностей в сфере обращения с отходами
I	Предприятия, для которых выполняется хотя бы одно из условий: ● основной деятельностью предприятия является сбор, прием и переработка отходов от сторонних организаций; ● в результате деятельности предприятия образуются отходы I и II классов опасности для ОС (кроме люминесцентных ламп); ● из общей массы образующихся на предприятии отходов производства и потребления отходы с классом опасности IV составляют менее 85 %; ● суммарное количество отходов предприятия превышает 10 тыс. т. для сельхозпредприятий и предприятий пищевой промышленности и 500 т. – для прочих; ● перечень отходов предприятия содержит более 45 наименований; предприятие имеет на балансе или осуществляет эксплуатацию объектов захоронения и длительного хранения отходов (полигоны, шламо- и хвостохранилища, золоотвалы и т. п.);
II	● в результате производственной деятельности предприятия образуются отходы с классом опасности III и IV, при этом отходы III класса опасности составляют не более 15 %; ● суммарное количество отходов предприятия не превышает 10 тыс. т для сельхозпредприятий и предприятий пищевой промышленности и 500 т. – для прочих; ● перечень отходов предприятия содержит не более 45 наименований;
III	● в результате производственной деятельности предприятия образуются отходы с классом опасности III и IV, при этом отходы III класса опасности составляют не более 5 %; ● суммарное количество отходов предприятия не превышает 30 т; ● перечень отходов предприятия содержит не более 10 наименований;
IV	● в результате производственной деятельности предприятия образуются отходы с классом опасности III и IV, при этом отходы III класса опасности составляют не более 1 % от общей массы образующихся отходов; ● суммарное количество отходов предприятия не превышает 10 т; ● перечень отходов предприятия содержит не более 5 наименований (допускается внесение в перечень отработанных люминесцентных ламп).

в целях последующего захоронения, обезвреживания или использования. Нарушение правил хранения радиоактивных, бактериологических, химических веществ и отходов может выражаться, например, в содержании отходов вне объектов их размещения.

Под захоронением экологически опасных веществ и отходов следует понимать изоляцию отходов, не подлежащих дальнейшему использованию, в специальных хранилищах в целях предотвращения попадания вредных веществ в окружающую среду. Согласно федеральному закону «Об отходах производства и потребления», **место и способ хранения** отхода должны гарантировать:

- отсутствие или минимизацию влияния размещаемого отхода на природную среду;
- исключение риска возникновения опасности для здоровья людей;
- недоступность для посторонних лиц попадания в хранилища высокотоксичных отходов;
- предотвращение потери отходом свойств вторичного сырья (в перспективе) вследствие неправильного сбора или хранения;
- минимизацию риска возгорания отхода;
- недопущение замусоривания территории;
- обеспечение удобства проведения инвентаризации отходов и контроля за обращением с отходами;
- обеспечение удобства вывоза отходов с места их хранения. При невозможности утилизации отходов производства на самом предприятии допускается их **складирование**. При этом различают следующие основные способы складирования:

- временное хранение на производственных территориях на открытых площадках или в специальных помещениях (цехах, складах, в резервуарах и др.);
- временное складирование на производственных территориях основных и вспомогательных (дочерних) предприятий по переработке и обезвреживанию отходов (хранилищах, накопителях), а также на промежуточных пунктах сбора и накопления (терминалах, речных и морских портах и др.);
- складирование вне производственной территории;
- на усовершенствованных полигонах промышленных отходов, шламохранилищах, отвалах пустой породы, терриконниках, золошлакоотвалах, а также в специально оборудованных комплексах по их переработке и захоронению.

Хранение сыпучих и летучих отходов в помещениях в открытом виде не допускается. В закрытых складах, используемых для временного хранения отходов I-II классов опасности, должна быть предусмотрена изоляция и раздельное хранение веществ в отдельных отсеках.

При временном хранении отходов на открытых площадках без тары (навалом, насыпью) следует соблюдать следующие условия:

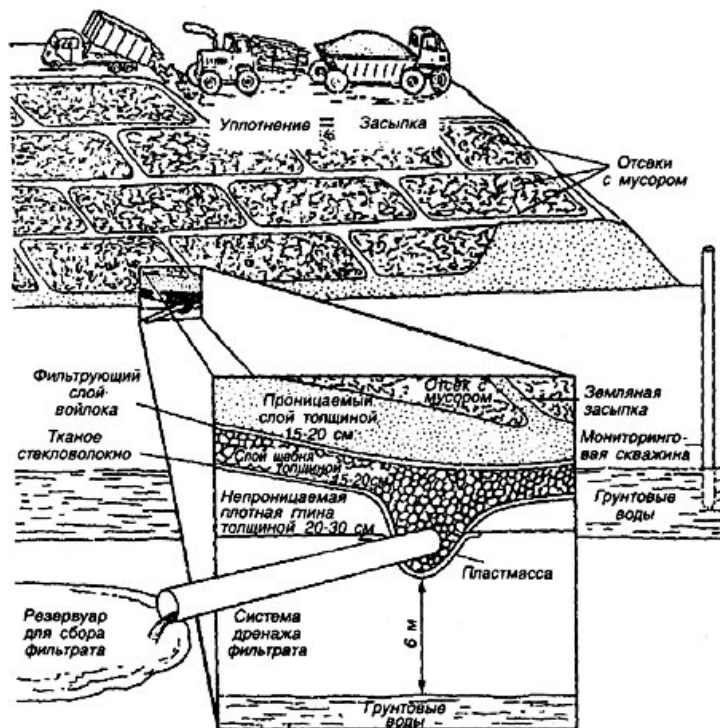


Рисунок 2.4 - Схема организации свалки с защитой грунтовых вод

- временные склады и открытые площадки должны располагаться с подветренной стороны по отношению к жилой застройке, т. е. должна учитываться роза ветров;
- поверхность хранящихся насыпью отходов или открытых приемников-накопителей должна быть защищена от воздействия атмосферных осадков и ветров (брезентом, навесом);
- поверхность площадки должна иметь искусственное водонепроницаемое и химически стойкое покрытие (керамическая плитка, асфальт, керамзитобетон и др.);
- по периметру площадки должны быть предусмотрены обваловка и обособленная сеть ливнепроводов либо с автономными очистными сооружениями, либо предусмотрено ее присоединение к локальным очистным сооружениям;
- исключение поступления загрязненного ливнепровода с указанной площадки в общегосударственную систему дождевой канализации или сброс в ближайшие водоемы без очистки.

Нарушение правил при захоронении заключается, например, в захоронении отходов: на территориях городских или иных поселений, лесопарко-

вых, курортных, лечебно-оздоровительных, рекреационных зон; на водосборных площадях подземных водных объектов, которые используются в целях питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения; в местах залегания полезных ископаемых и ведения горных работ в случаях возникновения угрозы загрязнения мест залегания полезных ископаемых и безопасности ведения горных работ; вне специально предназначенных для этого пунктов их размещения или без надежной изоляции от ОС.

Транспортировка радиоактивных, бактериологических, химических веществ и отходов представляет собой их перемещение в пространстве, предпринятое с любыми целями, на любом виде транспорта. При транспортировке должны выполняться следующие правила:

- транспортирование опасных отходов должно осуществляться при наличии паспорта опасных отходов, специально оборудованных и снабженных специальными знаками транспортных средств, соблюдении требований безопасности к транспортированию опасных отходов на транспортных средствах, наличии документации с указанием количества транспортируемых опасных отходов, цели и места назначения их транспортирования;

- при транспортировке указанных отходов должна соблюдаться система согласованных мер по недопущению транспортных происшествий и аварий, требования к упаковке, маркировке и транспортным средствам и др.

Основными направлениями обращения с промышленными твердыми отходами являются (Н.И. Иванов, И.М. Фадин, 2002 г.):

- захоронения на полигонах и свалках;
- переработка конкретных твердых отходов по заводской технологии;
- совместное сжигание отходов химических производств с городским мусором;
- пиролиз и раздельное сжигание в специальных печах;
- использование отходов химических производств как готового материала для других технологических процессов (в промышленности, энергетике, сельском хозяйстве и др.).

Утилизация ТПО обычно может идти по двум направлениям: 1) разделение на компоненты с последующей переработкой всех или некоторых из них различными методами; 2) придание ТПО нужного вида, могущего обеспечить в дальнейшем возможность утилизации.

Наиболее распространенными методами переработки являются (А. И. Родионов, В. Н. Клушин, В. Г. Систер, 2000 г.):

- 1) сортировка (для чего используются грохочение, гидравлическая классификация и воздушная сепарация);
- 2) уменьшение размеров кусков, частиц (помол, дробление);
- 3) увеличение размеров частиц (высокотемпературная агломерация, брикетирование, таблетирование, гранулирование);
- 4) термическая обработка;

- 5) смешение;
- 6) обогащение (флотация, отсадка, магнитная и/или электрическая сепарация);
- 7) выщелачивание (экстрагирование);
- 8) растворение;
- 9) кристаллизация и т. д.

Переработка ТПО по заводской технологии выступает как наиболее оптимальный метод их использования. При всем разнообразии способов переработки общая схема процесса и применяемого при этом оборудования может быть представлена следующим образом.

Сортировка отходов обычно применяется для отделения посторонних включений, таких как ветошь, остатки бумажной и деревянной тары, металлических предметов и т. д.

Вторая стадия измельчение – одна из важнейших в процессе. В результате материал приобретает размеры, которые достаточны, чтобы можно было осуществлять его дальнейшую переработку. Часто после этого дробленый материал подвергают отмывке от загрязнений, а также еще раз отделяют от посторонних примесей.

Далее высушенные дробленые отходы смешивают при необходимости со стабилизаторами, наполнителями и другими ингредиентами и подвергают гранулированию. Полученный гранулят часто используют в качестве наполнителя при производстве строительных материалов или в дорожном строительстве. В качестве примера на рис. 2.5 приведена схема процесса демеркуризации (удаления ртути) некоторых отходов (Н.И. Иванов, И.М. Фадин, 2002г.).

В последние годы распространение приобретают глубоководные сбросы ПТО. При этом сбросы контейнеров с указанными отходами должны производиться над глубинами не менее 2 км, на расстоянии от берега не менее 150 морских миль (1 миль примерно 1,6 км) и 20 миль от ближайшего подводного кабеля. Очевидно, что такие предосторожности означают только одно: указанные отходы не будут вечно захороненными, это, образно говоря, отложенная во времени смерть для гидробионтов и будущие, еще более острые проблемы для человечества. За все нужно платить...

Главным направлением в устранении или снижении вредного воздействия на ОС токсичных отходов промышленности является их повторное использование в производственных циклах, то есть организация малоотходных производств. Тем не менее для нейтрализации таких отходов часто устраивают специальные сооружения, которые могут находиться как в пределах территории самого предприятия, так и вне его. В последнем случае ПТО могут складироваться, перерабатываться и нейтрализовываться централизованно на полигонах и станциях переработки и нейтрализации.

Полигоны устраивают двух видов: для обезвреживания одного вида отходов только захоронением или химическим способом, а также комплексные.

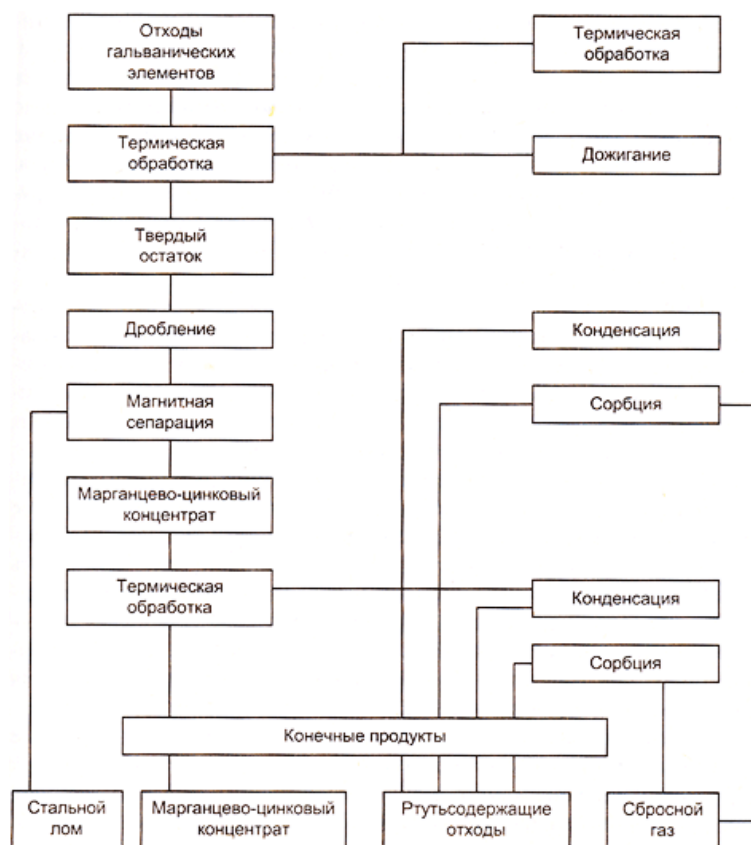


Рисунок 2.5 – Схема процесса демеркуризации отходов потребления и производства гальванических элементов

Во втором случае территорию полигона разделяют на зоны приема и захоронения твердых негорючих отходов; приема и захоронения жидких химических отходов и осадков сточных вод, не подлежащих утилизации; захоронения особо вредных отходов; огневого уничтожения горючих отходов.

Захоронение промышленных отходов осуществляют в котлованах глубиной до 10-12 м в специальной таре, например, стальных бочках. Их размещают в котлованах и железобетонных резервуарах (особо вредные отходы).

Выбор земельного участка для захоронения ПТО должен производиться с соблюдением норм Санитарных правил о порядке накопления, транспортировки, обезвреживания и захоронения токсичных промышленных отходов и СНиП 2.01.28-85 «Полигоны по обезвреживанию и захоронению токсичных промышленных отходов. Основные положения по проектированию». В этих случаях отвод земельного участка подлежит обязательному согласова-

нию с органами государственного экологического контроля и органами санитарно-эпидемиологического надзора.

Земельные участки, выбранные для полигонов, должны отвечать следующим требованиям: размещаться с подветренной стороны по отношению к населенным пунктам и зонам отдыха; находиться ниже мест водозаборов питьевой воды, рыбоводных хозяйств, мест нереста, массового нагула и зимовальных ям рыбы; состоять из слабофильтрующих грунтов (глины, суглинков, сланцев и т. п.); залегание грунтовых вод при их наибольшем подъеме должно быть не менее 2 м от нижнего уровня захороняемых отходов.

Запрещается размещать полигоны по обезвреживанию и захоронению ПТО в заболоченных местах, на территориях зеленых зон городов, на землях, занятых лесами или предназначенных для лесоразведения, в зонах санитарной охраны курортов, в зоне питания подземных источников питьевой воды, в зонах активного карста, в зонах оползней, селевых потоков, снежных лавин и т. п.

Вокруг полигона устраивают санитарно-защитную зону (СЗЗ), отделяющую их от населенных пунктов и открытых водоемов, объектов, используемых в культурно-оздоровительных целях. Величина СЗЗ устанавливается с учетом конкретных местных условий, но не может быть менее 3000 м. Участки захоронения ПТО должны размещаться не ближе чем в 200 м от сельскохозяйственных угодий, автомобильных и железных дорог, а также не ближе чем в 50 м от границ леса и лесопосадок, не предназначенных для использования в рекреационных (для восстановления здоровья) целях.

Размещение ПТО под землей является пока одним из наиболее перспективных способов избавления от тех из них, которые не могут быть утилизированы или полностью уничтожены путем сжигания, а при накоплении их на земной поверхности представляют реальную опасность для биосферы. Подземное размещение промышленных отходов должно производиться при соблюдении ограничений, относящихся к выбору места для создания подземных и заглубленных хранилищ (первая группа) и к их проектированию, строительству и эксплуатации (вторая группа).

Первая группа ограничений. Подземное размещение высокотоксичных промышленных отходов первого и второго классов может осуществляться только в геологических формациях, создающих природный барьер для выноса подземными водами размещаемых веществ и продуктов их взаимодействия с окружающим массивом в биосферу. Регион их размещения не должен быть сейсмоопасен. Приемлемыми формациями для размещения жидких промышленных отходов являются массивы горных пород, представленные пористыми замкнутыми коллекторами.

Малотоксичные промышленные отходы могут размещаться и в иных геологических формациях, если по этим формациям или через них не происходит миграция подземных вод, и если нет опасности нарушения их водонепроницаемости под влиянием природных катаклизмов (землетрясения), или

техногенных процессов при добыче полезного ископаемого с образованием такой миграции.

Вторая группа ограничений. Для создания подземных и заглубленных хранилищ малотоксичных промышленных отходов могут использоваться выработанные пространства, вокруг которых по завершении эксплуатации хранилищ образуются водопроводящие каналы, если воды, проникшие в хранилища через эти каналы, после контакта с отходами остаются в нем и не мигрируют в водоносные горизонты. Подземные хранилища для высокотоксичных отходов могут эксплуатироваться только после того, как в них будут сооружены и опробованы средства изоляции выработанных пространств, позволяющие при необходимости оперативно и навечно отделить размещенные отходы от биосферы. Подземное захоронение ПТО получило широкое распространение в странах Западной Европы, территории которых уже давно плотно заселены, а в их недрах в результате добычи различных полезных ископаемых образованы различные пустоты.

При оценке способов захоронения промышленных отходов следует учитывать важное в экономическом отношении обстоятельство. Если современный технический уровень не позволяет немедленно утилизировать те или иные отходы, то в будущем, по мере развития науки и техники, указанные отходы могут быть переработаны в полезные компоненты. Поэтому наряду с традиционно рассматриваемым длительным захоронением промышленных отходов представляется актуальным **временное хранение** перспективных (с точки зрения утилизации) отходов производства в заглубленных и подземных хранилищах естественного и искусственного происхождения. Для этих целей можно использовать существующее выработанное пространство рудников, шахт, карьеров, подземные полости нефтяных и газовых месторождений, карстовые полости.

Для сбора сведений о местах складирования, хранения и захоронения отходов производства и потребления проводится их инвентаризация. Объектами инвентаризации являются санкционированные и несанкционированные места размещения отходов: полигоны по обезвреживанию и захоронению промышленных и бытовых отходов, шламонакопители, хвостохранилища, отвалы, терриконы, шлакозолоотвалы ТЭС и т.п. При этом особое внимание обращается на потенциально опасные в экологическом отношении места и объекты размещения отходов: в затопляемых поймах, на размываемых берегах, в оползневых, лавиноопасных и паводковых зонах; близкие к границам водоохранных зон, находящиеся в переполненном или аварийном состоянии, с прорывоопасными дамбами и т. п.

Использование отходов

Применение традиционных технологий переработки сырья, в результате которых образуются разнообразные отходы, предусматривающих после-

дующие очистку отходящих газов и сточных вод и утилизацию твердых отходов, крайне неэффективно не только с точки зрения экологии, но и экономики. Очистные сооружения очень дороги, их работа требует огромных затрат энергии и реагентов. На некоторых производствах последние достигают 20-40 % суммарных капиталовложений, а расходы на обезвреживание и переработку отходов составляют 8-10 % стоимости производимой продукции.

Отсюда вытекает необходимость реализации принципиально нового подхода к развитию промышленных производств. Этот подход, получивший не совсем правильное название «**безотходная технология**», основой которого является цикличность материальных потоков, подсказан самой природой (вспомните: «природа знает лучше»). Действительно, в природных условиях отходы жизнедеятельности одних организмов используются другими, и в целом осуществляется биохимический круговорот веществ.

Идея многократного, циклического, экономного использования материальных ресурсов активно реализуется во многих развитых странах. Так, в США, ФРГ и Японии степень повторного использования таких экологически опасных металлов, как свинец, медь, никель, алюминий, цинк, достигла 65, 40 и 40 % соответственно. В этом отношении показатели России много скромнее. Крайне нерационально используются в нашей стране лесные богатства. Согласно В.А. Зайцеву (1990 г.), из доставленных на предприятия 1000 кубометров древесины мы получаем лишь 27,3 т бумаги, в то время как в Швеции из такого же количества получают 129 т., в США – 137 т, а в Финляндии – 164 т.

Повторное использование материальных ресурсов исключительно важно с точки зрения сохранения или продления времени использования запасов важнейших руд (исчерпаемых ресурсов). Для их количественной оценки используют **индексы исчерпания ресурсов**, которые характеризуют расходование имеющихся мировых запасов руд с учетом ежегодного прироста темпов их использования. Подсчитано, например, что если запасы металлов возрастут даже в 10 раз, то обеспеченность сырьем увеличится всего в 2,5-3 раза. Если же рециркуляция металлов достигнет 50 %, тогда обеспеченность важнейшими металлами возрастает в 3-3,5 раза, а при 95-98 %-ной рециркуляции – в 5-7 раз. Именно поэтому экологи считают, что важнейшим резервом сырья является **вторичное использование материальных ресурсов**. Следовательно, для рационального развития экономики, определяющего, в свою очередь, устойчивое развитие любой страны, необходимы планомерное, целенаправленное повышение роли вторичных ресурсов и организация технологического круговорота веществ.

Утилизация вторичных энергоресурсов

Большая концентрация тепловой энергии в горючих производственных отходах переходит в особое их качество - транспортабельность на

большие расстояния (на десятки и сотни километров для доменного, коксового, нефтяного газов). Поэтому эти горючие производственные отходы следует считать искусственным органическим топливом и относить их к категории первичных энергетических ресурсов, как, например, топочный мазут, хотя он и является горючим отходом процесса переработки нефти.

Таким образом, ВЭР - это тепловые отходы производства с малой концентрацией физической теплоты и экономической нецелесообразностью его транспортирования на дальние расстояния, т.е. это такие тепловые отходы, рациональное использование которых возможно лишь непосредственно у мест их получения. Сказанное определяет основные особенности ВЭР и их принципиальное отличие от горючих отходов промышленности. В отдельных случаях ко вторичным энергоресурсам могут относиться, помимо физической теплоты отходящих газов, и небольшое количество химически связанной теплоты, не превосходящей запасов физического тепла, и которое не может быть транспортировано в качестве искусственного газообразного топлива. Например, отходящие газы некоторых печей имеют температуру до $1200\pm 1250^{\circ}\text{C}$ и содержат $10\pm 15\%$ окиси углерода. В этом случае имеющаяся в отходящих газах химически связанная теплота составляет $20\pm 30\%$ их физического тепла и должна быть использована совместно путем дожигания с физической теплотой в непосредственной близости от самой печи - в качестве одного из источников ВЭР. Итак, вторичные энергоресурсы – это сумма не-транспортабельных тепловых отходов производственных процессов, в которых находится физическая теплота высокотемпературных газов, отходящих от огнетехнического агрегата.

Под агрегатами-источниками ВЭР понимают такие агрегаты, в которых образуются вторичные энергоресурсы: различные технологические печи, реакторы, пароиспользующие установки и др. Они могут использоваться для удовлетворения потребностей в топливе и энергии либо непосредственно (без изменения вида энергоносителя), либо за счет выработки теплоты, электроэнергии, холода или механической работы в утилизационных установках.

Различают 4 вида выработки энергий за счет ВЭР: возможную, экономически целесообразную, планируемую и фактическую.

Возможная выработка – это максимальное количество теплоты, холода, электроэнергии или механической работы, которое может быть практически получено за счет данного вида ВЭР с учетом режимов работы агрегата-источника и утилизационной установки.

Экономически целесообразная выработка – это максимальное количество теплоты, холода, электроэнергии или механической работы, целесообразность получения которых в течение рассматриваемого периода в утилизационной установке подтверждается экономическими расчетами. Обычно параметры работы утилизационных установок выбираются из условия их наибольшей эффективности, поэтому возможная выработка теплоты в рассмат-

риваемой утилизационной установке одинакова с экономически целесообразной ее выработкой.

Планируемая выработка – это количество теплоты, холода, электроэнергии или механической работы, которое предполагается получить за счет ВЭР при осуществлении плана развития данного производства, предприятия, отрасли в рассматриваемый период с учетом ввода новых, модернизации действующих и вывода устаревших утилизационных установок.

Фактическая выработка – это фактически полученное количество теплоты, холода, электроэнергии или механической работы на действующих утилизационных установках за отчетный период.

Под использованием вторичных энергоресурсов понимают количество используемой у потребителей энергии, вырабатываемой за счет ВЭР в утилизационных установках. Важным расчетным показателем для вторичных энергоресурсов является коэффициент выработки за счет ВЭР. Он представляет собой отношение фактической (планируемой) к экономически целесообразной (возможной) выработке. Этот коэффициент может определяться для одного агрегата-источника ВЭР, группы агрегатов, цеха, предприятия, отрасли.

Не менее важным показателем является коэффициент экономии топлива за счет ВЭР. Он характеризует количество первичного топлива, которое экономится за счет использования вторичных энергоресурсов. В соответствии с использованием ВЭР экономия топлива также может быть возможной, экономически целесообразной, планируемой и фактической.

Отношение фактической (планируемой) экономии топлива за счет ВЭР к экономически целесообразной (возможной) характеризуется так называемым коэффициентом утилизации вторичных энергоресурсов. Он может быть определен для агрегата, цеха, предприятия, отрасли, как для каждого вида ВЭР, так и для всех видов ВЭР. По виду энергии вторичные энергоресурсы разделяются на три основные группы: горючие (топливные) ВЭР, тепловые ВЭР (физическая теплота отходящих газов) и ВЭР избыточного давления (потенциальная энергия газов и жидкостей, покидающих технологические установки с избыточным давлением).

В зависимости от вида энергии и ее параметров различают четыре основных направления использования вторичных энергоресурсов:

- 1) топливное – непосредственное использование горючих ВЭР в качестве топлива;
- 2) тепловое – использование теплоты, непосредственно получаемой в качестве ВЭР или вырабатываемой за счет ВЭР в утилизационных установках (или холода в абсорбционных холодильных установках);
- 3) силовое – использование механической или электрической энергии, вырабатываемой за счет ВЭР в утилизационных установках;
- 4) комбинированное – использование тепловой и электрической энергий, одновременно вырабатываемых за счет ВЭР в утилизационных установ-

ках, работающих по теплофикационному циклу, и называемых утилизиационными ТЭЦ.

Необходимо подчеркнуть, что техническая и экономическая целесообразности использования ВЭР определяются сочетанием их высокотемпературного уровня, большой тепловой мощности и непрерывности выдачи. Наибольшее значение имеет температурный уровень, которым определяется качество теплоты. Если располагаемое количество теплоты обозначить Q , то эффективно используемую теплоту можно выразить как

$$Q_{эф} = \eta_T Q,$$

где η_T – температурный коэффициент, определяемый из равенства $\eta_T = (T - T_0)/T_0$, в котором T и T_0 — абсолютные температуры соответственно теплового отхода и окружающей среды. Чем выше коэффициент η_T , тем целесообразней использование величины $Q_{эф}$.

Приближение η_T к нулю обесценивает любое количество отходящей «теплоты» как бы велика она ни была. Эффективность использования теплоты в каждом отдельном случае обосновывается соответствующим технико-экономическим расчетом; в первом приближения необходимо иметь значение $\eta_T = 55\text{--}60\%$. Естественно также, что эффективность использования ВЭР возможна лишь при условии непрерывности выдачи тепловых отходов.

В промышленности для утилизации ВЭР применяются следующие типы установок:

- котлы утилизаторы, рекуператоры, регенераторы;
- котлы для сжигания вредных отходов (отбросов);
- утилизиационные экономайзеры (водоподогреватели);
- тепловые насосы;
- утилизиационные абсорбционные холодильные установки;
- утилизиационные турбины.

Использование тепловых ВЭР осуществляется преимущественно в установках, где вырабатывается чаще всего водяной пар или горячая вода. Эти установки принято именовать котлами-утилизаторами (КУ). Название следует считать весьма условным, поскольку и обычные отопительные котлы также используют (утилизируют) теплоту продукт сгорания топлива. Наиболее характерным признаком для рассматриваемых котлов является отсутствие отдельной топки и работа на отходящих газах. Это дает основание для более правильного их сокращенного наименования КОГ (котлы на отходящих газах).

Регенеративные и рекуперативные воздухоподогреватели для нагрева поступающего в печь воздуха следует рассматривать не как утилизиационные, а как устройства, совершенствующие основной технологический процесс и содержащие выход ВЭР в этом процессе.

В настоящее время на предприятиях энергоемких отраслей промышленности (черная и цветная металлургия, химическая, нефтяная, газовая промышленность, промышленность строительных материалов и др.) находятся в эксплуатации более трех тысяч различного рода утилизационных установок, включающих около 60 различных типов котлов-утилизаторов. Конструкции котлов-утилизаторов могут быть самыми различными: газотрубные, змеевиковые, водотрубные и др. В качестве котлов – утилизаторов могут также устанавливаться котлоагрегаты умышленных котельных типа: ДКВР; БКЗ; Е; ПК; ГМ; ГМН; Б; С; М и др. При выработке перегретой воды в качестве котлов-утилизаторов можно устанавливать промышленные водогрейные котлоагрегаты типа: КВ; ПТЗМ; ТВГ и др.; дымовые газы в этом случае, подаются непосредственно в топку. Мощность этих котлов зависит от области их применения и назначения. Иногда она исчисляется в тысячах м³/час пропуска газов или чаще в тоннах часовой паропроизводительности.

В промышленности строительных материалов для использования теплоты уходящих газов стекловарных печей применяются котлы КУ-16 и КУ-40 (пропускная способность газов соответственно 16 и 40 м³/час).

К характеристикам котлов-утилизаторов относятся:

- КПД, т.е. отношение выработанной теплоты к подведенной тепловой энергии (выходу ВЭР); КПД КУ весьма низок и находится в пределах 40-70%, поскольку в этих котлах не может быть осуществлено глубокое охлаждение газов; обычно температура уходящих газов (после экономайзера) 200 – 220°С;

- надежность работы;

- длительность непрерывной работы; — время работы в течение года;

- коэффициент использования утилизационной установки во времени (отношение числа часов работы КУ к числу часов работы источника ВЭР в течение года);

- коэффициент выработки теплоты, т.е. отношение фактической выработки к возможной за счет ВЭР.

Основными трудностями в работе котлов-утилизаторов являются: 1) засорение поверхностей нагрева пылью, что увеличивает их аэродинамическое сопротивление, интенсивность коррозии и эрозии кипящих труб, что понижает надежность работы агрегата; 2) большие присосы холодного воздуха в боровых; 3) снижение эффективности использования ВЭР в летний период, когда вырабатываемый пар в котлах-утилизаторах не может быть эффективно использован на нужды теплоснабжения из-за отключения систем отопления и уменьшения расходов на горячее водоснабжение.

На ряде заводов осуществляется тепловая блокировка печей и сушильных камер, что позволяет использовать теплоту отходящих газов из печей для сушки сырья. Например, дальневосточным ПромстройНИИпроектом и Угловским заводом строительных материалов и изделий разработана установка, позволяющая использовать теплоту отходящих газов вращающихся

печей обжига керамзита №3 и 4 для сушки гипсопрокатных перегородок в щелевых камерах. Утилизация теплоты с помощью этой установки позволяет экономить более 6000 т условного топлива в год, высвободить в котельной завода паровой котел с паро-производительностью 10 т/час и повысить качество сушки изделий.

Известно много примеров экономии сырья, энергии в сочетании с оздоровлением ОС в случае использования вторичных материальных ресурсов. Так, производство алюминия из металлолома требует всего 5 % энергозатрат от выплавки из бокситов, причем переплав 1 т вторичного сырья экономит 4 т бокситов и 0,7 т кокса, снижая одновременно на 35 кг выбросы крайне опасных фтористых соединений в атмосферу. Использование макулатуры при производстве тонны бумаги и картона экономит 4,5 м³ древесины, 200 м³ воды и в два раза снижает затраты электроэнергии. К тому же в 2-3 раза уменьшается себестоимость продукции. Для изготовления того же количества бумаги требуется 15-16 взрослых деревьев. При использовании 1 млн. т макулатуры можно сэкономить 4 млн. м³ первоклассной древесины; это спасение от вырубки лесополосы шириной 100 м и длиной от Москвы до Санкт-Петербурга.

О чрезвычайной перспективности использования бытовых отходов свидетельствуют такие цифры. В более чем 150 млн. т ежегодно выбрасываемого в США мусора содержится около 11 млн. т железа, почти 900 тыс. т алюминия, 430 тыс. т других металлов (главным образом меди), более 13 млн. т стекла, более 60 млн. т бумаги и такое количество органических материалов, которое при сжигании даст тепловую энергию, эквивалентную 20 млн. т нефти.

Анализ шлаков московского мусоросжигательного завода № 1 показал (Г. И. Сидоренко, 1990 г.), что на свалки бытового мусора Москвы вывозится: молибдена – 8,3 т, кобальта – 11,4 т, ванадия – 12,4 т, серебра – 27,6 т, никеля – 75 т, сурьмы – 115 т, олова – 244 т, фтора – 353 т, хрома – 689 т, свинца – 1573 т, меди – 2180 т, цинка – 6762 т. Это количество элементов эквивалентно ежегодно извлекаемому из довольно крупного месторождения.

Отходы можно сортировать либо непосредственно на месте их получения (в домах), либо после сбора на специальных установках. В первом случае необходимы совместные усилия жителей, воспитание у них «культуры чистоты»; однако этот способ весьма экономичный, так как труд «добровольный». В определенном месте устанавливаются мусорные контейнеры различного цвета, каждый из которых предназначен для определенного вида отходов – пластмассы, металлов, стекла, бумаги, растительного мусора и т. д. Эти контейнеры опорожняются (не смешиваясь) в особые грузовики – мусоровозы и отправляются на переработку. По другому варианту сортируют отходы на специальных установках.

При реконструкции городских канализационных очистных сооружений

(КОС) одной из задач является переход на энергоэффективные технологии обработки осадка. Эксплуатационные расходы на его обработку составляют 20-40 кг условного топлива и 40 - 250 кВт • ч электроэнергии на 1 т. Капитальные затраты на сооружения по обработке осадка достигают 30 % общих затрат на сооружение КОС.

Главная задача обработки осадков – максимальное сокращение их объемов и обезвреживание. В отечественной практике для этого используются следующие способы:

- метановое сбраживание (термофильное или мезофильное) с последующим обезвоживанием осадка на иловых площадках или механическим обезвоживанием;

- механическое обезвоживание сырого осадка; обезвоживание и сушка сырого осадка на иловых площадках. Установки для сушки и сжигания осадка в России применяются, за исключением Санкт-Петербурга.

По затратам энергоресурсов наиболее экономичным является первый способ, при котором (как и при втором способе) вырабатывается 6 т. газ, состоящий в основном из метана 70-75 % и углекислого газа (24-29 %), с теплотой его сгорания 5500-6000 ккал/м³.

Для 19 КОС городов Краснодарского края в полнены анализ технологий обработки осадков оценка ресурсов выработки биогаза. В табл. 2.5 приведены результаты расчетов количества вырабатываемого биогаза в КОС с метантенками степени замещения им топлива существующих котельных, в табл. 2.6 тоже для КОС без метантенков. Количество тепловой энергии, получаемое при сжигании биогаза, рассчитано при с теплоте сгорания 5687 ккал/м³ и среднем кпд котельной 70 %. Расчетные тепловые нагрузки объектов КОС определены при работе по существующей технологической схеме, а также при утилизации теплоты осадка после сбраживания в метантенке.

Эффективность энергосберегающей технологии выработки биогаза рассмотрим на примере КОС г. Армавира. Здесь при расчетном расходе стоков 60 тыс. м³/сут выработка биогаза составляет 11712м³/сут при фактической теплоте сгорания 5687 ккал/м³ (при нормальных условиях). Общее годовое потребление тепловой энергии КОС - 20тыс.Гкал (100%), в том числе на нагрев осадка в метантенках - 13тыс.Гкал (65%).

С учетом технологических решений [1,2] выполнены расчеты и получены следующие годовые расходы тепловой энергии:

- при существующей технологии с предварительным подогревом осадка перед метантенками паром в инжекторных установках - 8130Гкал;

- при утилизации тепла сброженного осадка в спиральных теплообменниках с догревом по традиционной технологии - 2100Гкал;

- при утилизации тепла сброженного осадка и догреве паром или теплоносителем в спиральных теплообменниках - 2100Гкал.

Таблица 2.5

Местонахождение КОС с метантенками	Расчетный выход биогаза		Расчетное количество теплоты при сжигании биогаза, Гкал/ч	Расчетная нагрузка котельной, Гкал/ч			Процент замещения топлива в котельной	
	часовой, м ³ /ч	годовой, м ³ /год		Существующая технология	Энергосберегающая технология	Топливо	Существующая технология	Энергосберегающая технология
г. Армавир	488	4274880	1,92	1,75	0,9	природ-то же	110	213
г. Абинск	32	280320	0,12	0,8	0,4	то же	17	30
пос. Архипо-Осиповка	29	254040	0,15	0,7	0,4	мазут	21	38
г. Геленджик	122	1068720	0,48	0,7	0,4	природ-ный	69	120
г. Ейск	195	1708	0,57	0,7	0,4	то же	81	142
г. Краснодар (КОС № 1)	610	5 343 600	2,4	1,75	0,9	то же	137	267
г. Кропоткин	156	136796	0,61	1,4	0,7	то же	44	87
г. Лабинск	122	106872	0,48	0,7	0,4	то же	68	120
г. Приморско-Ахтарск	63	553632	0,25	0,7	0,4	печное топ-	35	62

Технико-экономическое сравнение указанных вариантов показало, что наименьший расчетный срок окупаемости (до 1 года) имеет вариант утилизации осадка с подогревом его в теплообменниках. При этом ускоряется процесс брожения благодаря исключению подачи в метантенки холодного осадка и подаче пара с высокой температурой, а также обеспечиваются возврат и последующее использование конденсата (при использовании пара).

С учетом изложенного для оборудованных метантенками КОС (см. табл. 2.5) в Армавире и Краснодаре при работе по существующей технологии в котельных возможно полное замещение природного газа биогазом. При оборудовании метантенков утилизационными теплообменниками к указанным КОС дополнительно могут быть отнесены КОС в Геленджике, Ейске, Кропоткине. Для КОС, в настоящее время не оборудованных метантенками, в пос. Дагомыс, городах Белореченске, Новороссийске и Туапсе при установке соответствующего оборудования возможно полное замещение (см. табл. 2.6) топлива котельных биогазом, а при внедрении энергосберегающей технологии это возможно для КОС городов Белореченска, Славянска-на-Кубани, Туапсе, нос. Ольгинка.

Таблица 2.6

Местонахождение КОС без метантенков	Расчета выход биогаза		Расчетное количество теплоты при сжигании биогаза, Гкал/ч Существующая технология	Расчетная нагрузка котельной, Гкал/ч			Процент замещения топлива в котельной	
	часовой, м ³ /ч	годовой, м ³ /год		Энергосберегающая технология	Существующая технология	Энергосберегающая технология	Существующая технология	Энергосберегающая технология
г. Анапа	195	1708200	0,83	2,0	1,0	печное топливо	42	83
г. Белореченск	176	1538957	0,75	0,7	0,4	природный газ	107	180
г. Горячий Пос. Дагомыс	18	162445	0,08	0,6	0,3	тоже	13	26
	161	1410710	0,69	0,46	0,3	твердое топливо	156	230
г. Кореновск	20	170995	0,08	1,2	0,3	природный газ	7	14
г. Краснодар	1342	11755	5,28	4,8	2,4	тоже	110	220
г. Новороссийск	252	2205838	1,07	0,7	0,4	тоже	153	250
Пос. Ольгинка	68	598483	0,2	0,1	0,2	твердое топливо	100	206
г. Славянск-на-Кубани	83	726730	0,35	0,4	0,2	природный газ	25	50
г. Туапсе	254	2222938	1,1	0,7	0,4	печное топливо	154	250

Основные направления использования биогаза КОС: сжигание в котлах или в специальных устройствах; выработка электроэнергии; компримирование с дальнейшим применением в качестве топлива для автотранспорта. Наибольшее практическое применение имеет сжигание биогаза в котельных. При этом вследствие содержания в биогазе углекислого газа (до 30 %) предъявляются дополнительные требования к конструкциям газогорелочных устройств и хвостовым поверхностям нагрева котлов.

При расчетах экономической целесообразности использования биогаза КОС по известным методикам должны учитываться затраты на реконструкцию или сооружение метантенков, газгольдеров, на реконструкцию котель-

ной, установку теплоутилизационных теплообменников, прокладку дополнительных газопроводов и тепловых сетей. При этом срок окупаемости вложенных средств до 2 лет имеют только системы использования биогаза в Армавире, Краснодаре и Туапсе.

По мнению многих ученых и специалистов, проблема отходов должна решаться на месте их образования путем внедрения **ресурсовозобновляющих технологий (РВТ)**, обеспечивающих минимизацию промвыбросов и выхода вторичных отходов.

Концепция РВТ впервые была предложена еще в 60-х гг. А. Нагорным. В настоящее время в г. Запорожье (Украина) вводится в строй первый в мире завод РВТ производительностью по ТБО – 1000-1500 т/сут. Он имеет узлы технотехимической, физико-химической и биотехнологической обработки отходов. Вторичные ресурсы найдут применение в качестве биотоплива, металлорома, стройматериалов и т. д.

В развитие концепции РВТ А. Семенов и И. Максимов (1995 г.) предложили создать экозащитные системы нового поколения – многопрофильные комбинаты «Экополигон», способные перерабатывать все виды антропогенных отходов данного города и региона. При этом более 80 % отходов превращаются во вторичные ресурсы и биосферные вещества, восстанавливается качество ОС путем санирования (оздоровления) старых свалок и других мер. Данный вариант решения проблемы отходов, в основе которого лежит теория трофо-энергетического функционирования экосистем и круговорота веществ (т. е. отходы одних служат продуктами питания и энергии для других), позволяет: использовать экологически безопасные технологические процессы; исключить прямое сжигание органических веществ; обеспечить совместимость конечных продуктов с биосферой и включение их в круговорот веществ в природе; возместить издержки производства за счет использования вторичных ресурсов, отдельных видов промышленной продукции, платы за отходы, предотвращение ущерба ОС.

Литература

- 1 Гридэл, Т. Е. Промышленная экология: Учеб. Пособие для вузов/ Т. Е. Гридэл, Б. Р. Алленби/ Пер. с англ. под ред. проф. Э.В. Гиурсова. – М.: ЮНИТИ – ДАНА, 2004. – 513 с
- 2 Инженерная экология: Словарь – справочник: Около 6000 слов/ В.А. Баранов, Л. Н. Горбунова, В.М. Журавлев и др., Под общ. ред В. М. Журавлева, О. Н. Русака. Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2005. – 601 с
- 3 Синопальников, В. А. Надежность и диагностика технологических систем: Учебник/ В. А. Синопальников, С. Н. Григорьев. – М.: Высш. шк., 2005. – 343 с.

3. ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫЕ ПРОИЗВОДСТВА, ЗАМКНУТЫЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ЦИКЛЫ

Сущность безотходного производства

Каждый формируемый объект и промышленное производство наделены комплексом техногенных свойств, обуславливающих потенциально опасный уровень антропогенных изменений природных объектов в соответствии со спецификой взаимодействия с окружающей средой. С этой точки зрения, любой создаваемый объект или промышленное производство можно оценить с позиций возможных антропогенных состояний объектов природы, являющихся *мерой экологической чистоты* данного объекта (промышленного производства).

Требование экологической чистоты при создании объектов и промышленных производств продиктовано необходимостью минимального отрицательного воздействия на компоненты окружающей природной среды. В настоящее время разработано много технологических процессов, при которых исключаются потери и выбросы в окружающую среду отходов-загрязнителей. Многочисленные экологические исследования, выполненные в разных странах, показали, что строительством очистных сооружений невозможно полностью решить задачу по предотвращению загрязнения объектов гео- и биосферы. Более того, огромное количество разнообразных веществ, необходимых обществу, потребляют и перерабатывают с большими отходами, которые выбрасывают в окружающую среду. Ценное сырье в ряде случаев перерабатывают по схеме так называемого однократного неполного использования, что сопровождается выбросом значительной его части со всеми отрицательными последствиями этого для окружающей среды.

Одним из основных условий ускорения темпов внедрения безотходной технологии является разработка новых инженерно-экологических принципов проектирования и создания промышленных производств, отвечающих требованиям максимальной экологической безопасности. В настоящее время отсутствие в должной мере учета экологических вопросов при проектировании объектов и технологических процессов приводит к тому, что главную нагрузку в области охраны среды в ближайшее десятилетие будут по-прежнему нести водо- и газоочистные сооружения. В лучшем случае, учитывая рост количества и мощностей указанных сооружений, повышением эффективности их работы можно добиться стабилизации накопления веществ-загрязнителей.

Для оценки экологической эффективности технологических процессов используется показатель экологичности для вредных воздействий на окружающую среду при производстве единичной полезной продукции. Другой не менее важный критерий оценки показатель ресурсоемкости – доля расхода

энергии, воды, воздуха, сырья и других природных ресурсов при производстве единичной полезной продукции. В современных условиях эти показатели, к сожалению, весьма велики. Применение ресурсосберегающих технологий приоритетно. Эти технологии должны характеризоваться бережным отношением к первичным ресурсам, извлекаемым из природной среды; рациональным использованием вовлеченных в технологический процесс материальных и энергетических ресурсов; применением технических решений для получения полезного эффекта от остающегося от технологического процесса носителя вещества и энергии.

Безотходное производство необходимо для принятия решения по более эффективному и экономному использованию вовлекаемых в производственную деятельность природных ресурсов.

Анализ потоков энергии и вещества внутри территориально - производственных комплексов показывает, что масса продукции каждого последующего этапа меньше массы предыдущего на значение массы отходов в одной или нескольких фазах: твердой, жидкой и газовой.

Объективные оценки степени полезности отходов обосновывают их возвращение в производственный процесс. С интенсификацией производства стали использоваться более экологически чистые технологии, которые позволили повторно вовлекать в производство его побочные продукты и отходы сферы потребления. Уменьшением образования отходов можно повысить рентабельность производства и коэффициент использования ресурсов, существенно сократив расходы на природоохранные мероприятия.

Малоотходные (безотходные) технологии и замкнутые циклы – одна из самых радикальных мер защиты окружающей среды от загрязнений. Далее сформулированы четыре основных направления их развития (в соответствии с Декларацией о малоотходной и безотходной технологии и использовании отходов, принятый в Женеве в 1979 г.).

1. Создание бессточных технологических систем разного назначения на базе существующих и перспективных методов очистки и повторно-последовательного использования нормативно очищенных стоков.

2. Разработка и внедрение систем переработки промышленных и бытовых отходов, которые рассматриваются при этом как вторичные материальные ресурсы (ВМР).

3. Разработка технологических процессов получения традиционных видов продукции принципиально новыми методами, при которых достигается максимально возможный перенос вещества и энергии на готовую продукцию.

4. Разработка и создание территориально-промышленных комплексов (ТПК) с возможно более полной замкнутой структурой материальных потоков и отходов производства внутри них.

Критерием безотходной технологии является такое комплексное использование сырья и энергии, при котором процесс производства продукции

не сопровождается загрязнением окружающей среды. При этом техногенный круговорот сырья, продукции и отходов предопределяет замкнутость производственного цикла, что по существу и составляет основу безотходной технологии. Принцип безотходной технологии затрагивает все звенья производственной деятельности: разработку новых технологических рецептов, аппаратного оформления, экономических, экологических мероприятий и т.д.

К концепции безотходной технологии существует два подхода. Один основан на законе сохранения вещества, в соответствии с которым сырье (материя) всегда может быть преобразовано в ту или иную продукцию. Следовательно, можно создать такой технологический цикл, в котором все экологически опасные вещества будут преобразовываться в безопасный продукт или исходное сырье. Согласно другому, полностью безотходную технологию нельзя создать ни практически, ни теоретически (подобно тому, как энергию нельзя полностью перевести в полезную работу в соответствии со вторым законом термодинамики, так и сырье невозможно полностью перевести в полезный экологически безопасный продукт). Другими словами, полностью безотходная технология – идеальная система, к которой должен стремиться всякий реальный технологический цикл, и чем больше будет приближение, тем меньшим будет экологически опасный след.

В этом отношении более реальной является так называемая малоотходная технология – такой способ производства продукции, когда вредное воздействие на окружающую среду доведено до санитарно – гигиенических норм и соответствующих предельно допустимых концентраций (уровней) ПДК (ПДУ).

Иногда используют понятие «экологически чистая технология», подразумеваемая такой метод производства продукции, при котором сырье и энергию применяют настолько рационально, что объемы выбрасываемых в окружающую среду загрязняющих веществ и отходов сведены к минимуму. Таким образом, приняв, что полностью безотходная технология – это идеальная модель производства, можно утверждать, что и малоотходная технология требует определенных корректирующих коэффициентов, оценивающих степень их приближения к безотходной.

Имеется ряд подходов к определению безотходности производств: экспериментальная оценка, оценки по сырьевому и энергетическому балансам, полноте использования эксэргии, общему параметру оптимизации, полученному с помощью функции желательности или технологического профиля, а также экономическим путем при сопоставлении затрат на производство продукции.

Общий баланс относительной токсичности массы (ОТМ) вредных веществ:

$$\sum (M_c + M_b) - \sum M_n - \sum M_p = 0 ,$$

где $M_C + M_B$ – масса отходов, поступающих в окружающую среду со сточными водами и газовыми выбросами; $\sum M_H$ – масса нейтрализованных отходов; $\sum M_P$ – масса рассеянных отходов.

Относительную экологичность типового процесса, технологической линии, цеха определяют по формуле:

$$A = \frac{\sum (M_C + M_B) - \sum M_H}{\sum (M_C + M_B)} 100\% ,$$

При $A \rightarrow 0$ процесс является безотходным.

Методология оценки категории безотходности *химических* производств предполагает, что коэффициент безотходности

$$k_{\text{б}} = \varphi(k_a, k_m, k_{\text{э}}),$$

где k_m и $k_{\text{э}}$ – коэффициенты полноты использования соответственно материальных и экологических ресурсов; k_a – коэффициент соответствия экологическим требованиям. Производства в зависимости от величины $k_{\text{б}}$ и мощности разделяют на три категории: безотходные ($k_{\text{б}} \geq 0,97$), малоотходные ($0,80 - 0,90 < k_{\text{б}} < 0,90 - 0,97$) и рядовые ($k_{\text{б}} \leq 0,80$).

Для угольной промышленности:

$$k_{\text{б}} = 0,33(k_{\text{п}} + k_{\text{в}} + k_{\text{пг}}),$$

где $k_{\text{п}}$ – коэффициент использования породы, образующейся в результате горных работ; $k_{\text{в}}$ – коэффициент использования попутно забираемой воды, образующейся при добыче угля; $k_{\text{пг}}$ – коэффициент использования пылегазовых отходов.

В общем случае для оценки степени совершенства технологического процесса, учитывая взаимодействие с окружающей средой, за критерий безотходности принят коэффициент экологического действия:

$$k = \frac{B_T}{B_{\text{ф}}} = \frac{B_T}{B_T + B_{\text{п}}} ,$$

где B_T – теоретическое воздействие, необходимое для производства; $B_{\text{ф}}$ – фактическое воздействие; $B_{\text{п}}$ – воздействие, определяемое конкретным производством.

Если $B_{\text{ф}} \gg B_T$, то $k \rightarrow 0$, т.е. данное производство абсолютно не учитывает требований экологической безопасности, что неизбежно ведет к так

называемому экологическому «просчету» или экологическому «бумерангу». Чем выше k , тем более совершенно производство с учетом воздействий на окружающую среду и тем более существенно приближение к безотходной технологии.

Социально-экономический эффект безотходных производств определяют по комплексному критерию:

$$\eta = \sum_i \mathcal{E}_i - Y / Z_{\text{п}} \rightarrow \max ,$$

где $\sum_i \mathcal{E}_i$ – сумма всех эффектов, достигаемых при внедрении безотходного производства; Y – ущерб от загрязнения окружающей среды отходами производства и потребления; $Z_{\text{п}}$ – полные затраты на безотходное производство.

При наличии ряда вариантов безотходного производства должен быть выбран вариант с наибольшими η при минимальных $Z_{\text{п}}$. Сочетание прогрессивной технологии с современными методами очистки и контроля газопылевых выбросов, вторичного использования отходов позволяет реконструировать существующие и проектировать новые цеха, отдельные производственные участки, отвечающие всем требованиям экологической безопасности.

Хорошим примером безотходной технологии может служить современная технология гальванического цеха хромирования; где уловленные очистным устройством ионы тяжелого металла из промывной воды возвращаются непосредственно в ванну хромирования, а очищенная технологическая вода вновь используется для отмывки хромированных деталей. Подобных примеров можно привести достаточно много.

Безотходное производство — принцип организации и функционирования производства, в котором рационально используются все компоненты сырья и энергии в замкнутом цикле (первичные сырьевые ресурсы — производство — потребление — вторичные сырьевые ресурсы) без нарушения сложившегося экологического равновесия в биосфере (рис. 3.1).

Малоотходные (безотходные) технологии и замкнутые циклы производства — одна из самых радикальных мер защиты окружающей среды от загрязнений. Замкнутые циклы производства и малоотходные технологии обеспечиваются путем улучшения технологии, применения новых эффективных процессов, а также путем изменения управления производством и утилизации побочных продуктов. Основными направлениями их развития являются:

1. Создание бессточных технологических систем разного назначения на базе существенных и перспективных методов очистки и повторно-последовательного использования нормативно очищенных стоков.

2. Разработка и внедрение систем переработки промышленных и бытовых отходов, которые рассматриваются при этом как вторичные материальные ресурсы.

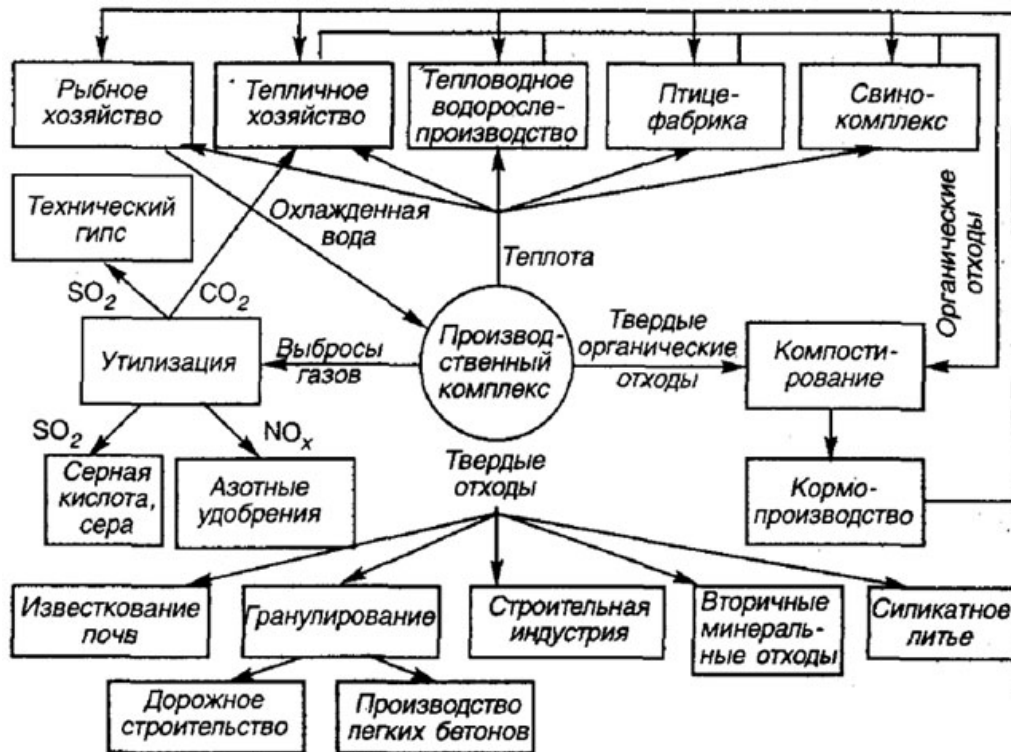


Рисунок 3.1 – Принципиальная схема безотходного промышленного производства

3. Разработка технологических процессов получения традиционных видов продукции принципиально новыми методами, при которых достигается максимально возможный перенос вещества и энергии на готовую продукцию.

4. Разработка и создание территориально-промышленных комплексов с возможно более полной замкнутой структурой материальных потоков и отходов производства внутри них [3].

Безотходная технология – экологическая стратегия промышленного производства, включающая комплекс мероприятий, обеспечивающих минимальные потери природные ресурсов при максимальной экономической эффективности.

Критерием безотходной технологии является такое комплексное использование сырья и энергии, при котором процесс производства продукции не сопровождается загрязнением окружающей среды. При этом техногенный круговорот сырья, продукции и отходов предопределяет замкнутость производственного цикла, что по существу и составляет основу безотходной технологии. Принцип безотходной технологии затрагивает все звенья производственной деятельности: разработку новых технологических рецептов, аппа-

ратурного оформления, экономических, экологических мероприятий и т.п. по определению, принятому Европейской экономической комиссией по малоотходной технологии, «безотходная технология – это такой способ осуществления производства продукции, при котором сырье и энергия в цикле *сырьевые ресурсы – производственное потребление – вторичные ресурсы* используются наиболее рационально и комплексно таким образом, что любые воздействия на окружающую среду не нарушают ее нормального функционирования» [2,3]. Уровень воздействия отходов производства оценим индексом безотходности:

$$I_{\text{бо}} = \frac{\sum_{p=1}^p G_p}{\sum_{p=1}^p \sum_{n=1}^n C_{pn}} \xrightarrow{\text{max}} 1,0 ,$$

где p – виды производимой продукции (количество производств); n – виды используемых сырьевых компонентов; G – объем производимой продукции; C_{pn} – объем потребляемого n -сырья для производства p -продукции.

Воздействие сбросов загрязняющих веществ в водные источники оценим индексом:

$$I_{\text{в}} = \frac{1}{J} \sum_{j=1}^J \sum_{p=1}^p \frac{ПДС_j - \Phi C_{jp}}{ПДС_j} \xrightarrow{\text{max}} 1,0 ,$$

$$I_{\text{в}} \leq 1,0 ,$$

где I – число j -загрязняющих веществ (ЗВ); ΦC_{jp} – величина фактического сброса j -ЗВ в p -производстве (при производстве p -продукции); $ПДС_j$ – предельно допустимый сброс j -ЗВ в водные объекты.

Воздействие выбросов загрязняющих веществ в атмосферу:

$$I_{\text{а}} = \frac{1}{J} \sum_{j=1}^J \sum_{p=1}^p \frac{ПДВ_j - \Phi B_{jp}}{ПДВ_j} \xrightarrow{\text{max}} 1,0 ,$$

где ΦB_{jp} – величина фактического выброса j -ЗВ в p -производстве (при производстве p -продукции); $ПДВ_j$ – предельно допустимый выброс j -ЗВ в атмосферу.

При необходимости учета опасности загрязнителей для биоты (по классам их опасности) следует модифицировать индексы и соответствующими весовыми коэффициентами.

Значимость воздействия на окружающую природную среду или ее отдельные территориальные компоненты следует регламентировать условием: $0,75 \leq (J_{\text{бo}} \cdot J_{\text{e}} \cdot J_{\text{a}}) \leq 0,95$. При этом произведение индексов $(J_{\text{бo}} \cdot J_{\text{e}} \cdot J_{\text{a}}) \leq 0,75$ свидетельствует о значительном воздействии на окружающую среду. Следствием экологических действий должно быть стремление интегрального индекса значимости воздействия к диапазону значений $0,75 \div 0,95$. Выбор величин 0,75 (75 %) и 0,95 (95 %) в качестве нормы, регулирующей уровень воздействия на окружающую природную среду, вытекает из анализа подобных предпочтений, принятых в АВС – методе стоимостного (функционально-стоимостного) анализа.

К концепции безотходной технологии существует два подхода. Один основан на законе сохранения вещества, в соответствие с которым сырье всегда может быть преобразовано в ту или иную продукцию. Следовательно, можно создать такой технологический цикл, в котором все экологически опасные вещества будут преобразовываться в безопасный продукт или исходное сырье. Согласно другому, полностью безотходную технологию нельзя создать ни практически, ни теоретически. Другими словами, полностью безотходная технология – идеальная система, к которой должен стремиться всякий технологический цикл, чем больше будет это приближение, тем меньше будет экологически опасный след.

В этом отношении более реальной является так называемая *малоотходная технология* – такой производства продукции, когда вредное воздействие на окружающую среду доведено до санитарно-гигиенических норм и соответствующих предельно допустимых концентраций, при этом часть сырья и материалов переходит в отходы, которые направляются на переработку или захоронение. Принципами разработки малоотходных технологий являются:

1. Цикличность (многоразовость) использования сырья. Реализация цикличности – это попытка человека подражать природе, в которой основным фактором является круговорот веществ.

2. Максимальное потребление большинства компонентов сырья и потенциала энергетических ресурсов.

3. Соблюдение предприятием требований по предельно допустимой экологической нагрузке (ПДЭН) и ПДК вредных веществ, т.е. поддержание такого состояния окружающей среды, при котором антропогенное воздействие не вызывает ее отрицательных изменений.

Замкнутые циклы производства и малоотходные технологии характеризуются процессами, предотвращающими загрязнение окружающей среды: рациональное использование сырья и энергии, исключением применения токсичных сырьевых материалов, уменьшением количества всех выбросов и отходов, образующихся в процессе производства, а также степени их токсичности.

С точки зрения продукции замкнутый цикл производства означает уменьшение его воздействия на окружающую среду в течение всего жизнен-

ного цикла продукта (от добычи сырья до утилизации (или обезвреживания) отходов после использования).

Применение замкнутых производственных систем в организации производства позволяет обеспечивать взаимосвязь производственных, социальных и природных процессов. Примером может служить создание замкнутых водоворотных схем, в частности на Московском нефтеперерабатывающем заводе, где помимо замкнутой водооборотной схемы завода имеются внутренние водооборотные циклы в каждом цехе. При этом снижаются расходы на подготовку, потери воды в технологическом процессе и количество вредных выбросов. Осадки после очистки воды перерабатываются и используются в виде вторичного сырья. Металлургические шлаки и успешно используются в изготовлении строительных материалов. Шлаки уральских металлургических комбинатов, которые раньше поступали в отвалы, содержат значительное количество различных металлов и на современном уровне развития металлургии могут служить сырьем для их выплавки.

За счет организации ЗПЦ осуществляется реализация многоразового использования материалов. Это касается не только воды, но и газа, и материалов. Замкнутые производственные циклы и малоотходные технологии позволяют увеличивать объем выпуска продукции, а также расширить ее номенклатуру и улучшить качество, за счет рациональной организации производства.

В настоящее время роль эффективной организации производства в значительной мере возрастает. Однако погоня за прибылью не должна осуществляться за счет увеличения уровня выбросов вредных веществ в окружающую среду.

Создание замкнутых водооборотных циклов

Под системой водоснабжения подразумевается комплекс сооружений и оборудования, обеспечивающих забор воды из источника, очистку и обработку ее, подачу ее под необходимым напором промышленным предприятиям или отдельным цехам, прием отработавшей воды и ее кондиционирование для повторного использования [4].

Системы водообеспечения промышленных предприятий в зависимости от водных технологических процессов могут быть прямоточного, повторного (последовательного) и оборотного (рис. 3.2) водоснабжения.

При **прямоточном водообеспечении** вся забираемая из источника вода $Q_{\text{ист}}$ сбрасывается в приемник сточных вод $Q_{\text{сбр}}$ за вычетом воды, израсходованной в производстве $Q_{\text{потр}}$, т. е.

$$Q_{\text{сбр}} = Q_{\text{ист}} - Q_{\text{потр}}.$$

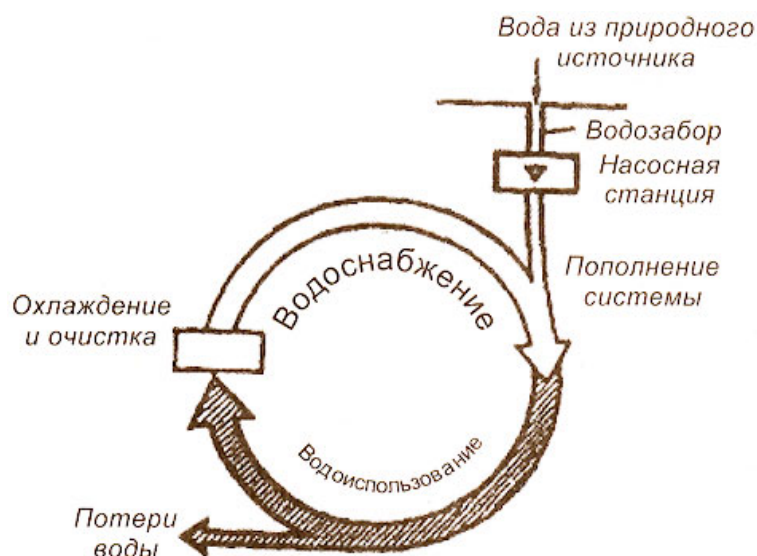


Рисунок 3.2 – Схема оборотного водоснабжения

Схема **последовательного водопользования** является более совершенной; она может быть двух-трех-четырёхкратной. Тогда $Q_{сбр}$ уменьшается на величину суммарных потерь на ряде производств (заводов, цехов) и на очистных сооружениях (рис. 3.3) со шламами $Q_{шл}$:

$$Q_{сбр} = Q_{ист} - (Q_{потр1} + Q_{потр2} + Q_{шл}),$$

Вполне очевидно, что при повторном водоиспользовании качество сточных вод первого водопользователя должно удовлетворять технологическим требованиям к воде второго водопользователя и т. д.

Необходимость создания замкнутых водооборотных систем обусловлена рядом факторов:

- 1) обострением дефицита пресной воды, на что влияют не только непрерывный рост водопотребления, но и деградация качества природных водоисточников в результате поступления в них сточных вод. Подсчитано, что 1 м^3 неочищенных стоков может загрязнить сотни кубометров чистой воды;
- 2) истощением самоочищающей и разбавляющей способности водоемов, в которые сбрасываются сточные воды;
- 3) экономическими преимуществами по сравнению с очисткой сточных вод до соответствующих нормативов, позволяющих их сброс в открытые водоемы. Если стоимость 90 %-ной очистки сточных вод принять за единицу, то очистка на 99 % обойдется примерно в 10 раз дороже, а очистка на 99,9 %, которая часто и требуется для достижения ПДК, будет дороже в 100 раз. В ре-

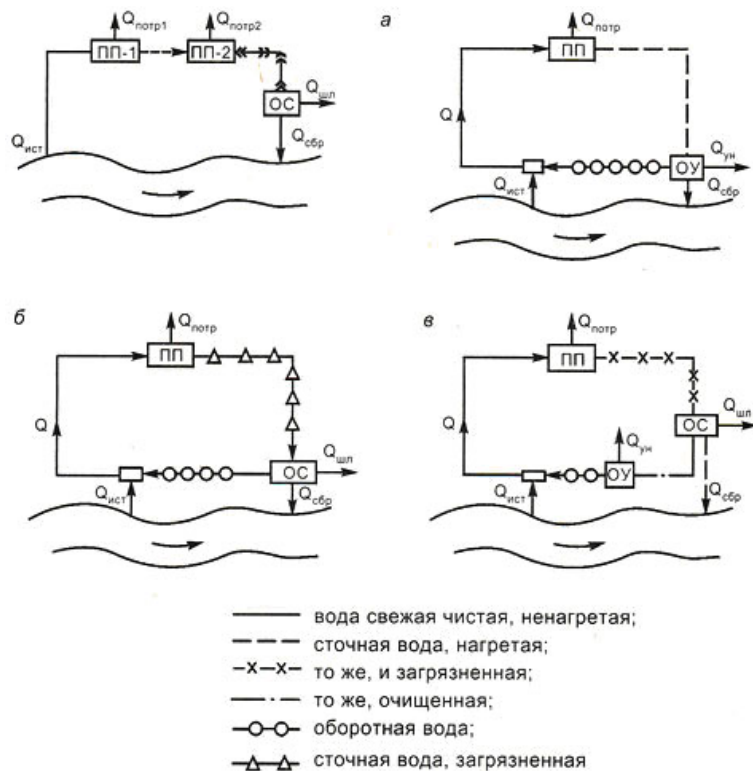


Рисунок 3.3 – Схема оборотного водообеспечения промышленных предприятий: а) с охлаждением; б) с очисткой; в) с очисткой и охлаждением (А.Ф. Порядин, А.Д. Хованский, 1996 г.)

в результате локальная очистка сточных вод с целью их повторного использования в производстве в большинстве случаев оказывается значительно дешевле их полной очистки в соответствии с требованиями санитарных органов. В целом рецикл оказывается более выгоден, чем прямоточная система водоснабжения: он позволяет в 10-50 раз снизить потребление чистой воды. Вода в системе оборотного водоснабжения в зависимости от технологического назначения может быть подвергнута различной обработке. Так, если она является теплоносителем и в технологическом процессе только нагревается, перед последующим использованием ее охлаждают (в пруду, градирне, брызгальном бассейне, рис. 3.3, а). В том случае, если вода выполняет роль транспортирующей и поглощающей примеси среды, то перед подачей в оборотный цикл ее кондиционируют на очистных сооружениях (рис. 3.3, б). Возможен вариант предварительной обработки воды (рис. 3.3, в) перед повторным использованием путем и очистки от загрязнений, и охлаждения.

В системах оборотного водообеспечения безвозвратные потери воды (производство, испарение, унос ветром, разбрызгивание, шлам, продувочный

расход) компенсируются дополнительным, так называемым подпиточным количеством свежей воды из источника $Q_{\text{ист}}$, т. е.:

$$Q_{\text{ист}} = Q_{\text{под}} + Q_{\text{ун}} + Q_{\text{шл}} + Q_{\text{сбр}}.$$

Общее количество подпиточной воды обычно не превышает 5-10 % от циркулирующего в системе.

Создание замкнутых систем водоснабжения (ЗСВ) возможно только в совокупности с внедрением новых более совершенных безотходных и малоотходных технологических процессов, аппаратов и крупнотоннажных агрегатов, обеспечивающих комплексную переработку сырья и существенно уменьшающих количество и загрязненность образующихся сточных вод, а также при использовании принципиально новых систем водоснабжения, методов и схем регенерации сточных вод с одновременным извлечением ценных компонентов и доведением их до качества товарного продукта или вторичного сырья. При создании ЗСВ на промышленных предприятиях свежая вода используется только на восполнение потерь воды. Такой подход к решению проблемы использования воды в производстве предполагает ее регенерацию из сточных вод, при условии исключения образования отходов и загрязнения окружающей природной среды.

Однако создание ЗСВ промышленных предприятий, использующих воду в замкнутом цикле без сброса сточных вод в водоем, не решает в целом проблему охраны водных источников от истощения и загрязнения. Полное решение этой проблемы связано с использованием в промышленности очищенных городских сточных вод и поверхностного стока при условии обеспечения установленного санитарно-гигиенического состояния рабочих мест и исключения загрязнения окружающей природной среды.

Научно-техническая задача создания замкнутых систем водного хозяйства промышленных предприятий состоит в решении комплекса вопросов, начальным этапом которых является совершенствования технологий производства продукта и использования воды, обеспечивающих экономические преимущества замкнутых систем перед существующими.

В литературе при рассмотрении систем использования воды в производстве встречается много разнообразных терминов, таких как бессточные системы водопользования; бессбросные, полностью замкнутые, максимально замкнутые системы; замкнутые системы с минимальным сбросом. Термин бессточные или бессбросные системы можно трактовать по-разному: и как системы без сброса сточных вод в водоем, и как системы, в которых сточные воды вообще не образуются. Что касается максимально замкнутых систем или замкнутых с минимальным сбросом, то их следует рассматривать как оборотные системы с минимальным сбросом сточных вод в водоем.

Нам представляется, что следует рассматривать замкнутые системы, как системы, исключаящие сброс сточных вод в водоем, в которых коэффициент использования свежей воды равен единице, и как оборотные системы с указанием коэффициентов использования воды в обороте и использования свежей воды [5, 6].

Создание замкнутых систем водного хозяйства промышленных предприятий возможно при коренном изменении существенных принципов в водоснабжении, канализации и очистки сточных вод. Во-первых, водоснабжение и канализация должны рассматриваться в совокупности, когда на предприятиях создается единая система водного хозяйства, включающая водоснабжение, водоотведение и очистку сточных вод, как подготовку для их повторного использования. Во-вторых, для водоснабжения основными должны являться очищенные производственные и городские сточные воды, а также поверхностный сток. Свежая вода из водоисточников в производстве должна использоваться только для особых целей и восполнения потерь воды в системах. В-третьих, очистка должна сводиться к регенерации отработанных технологических растворов и воды с целью их повторного использования в производстве. Регенерации должны подвергаться локальные потоки отработанных технологических растворов и сточных вод, при этом должны создаваться локальные замкнутые системы технического водоснабжения, которые являются основным звеном замкнутых систем водного хозяйства промышленных предприятий. В-четвертых, методы, применяемые для регенерации технологических растворов и воды, должны обеспечивать одновременное извлечение ценных компонентов и доведение образующихся отходов до товарного продукта или до вторичного сырья при минимальных материальных и энергетических затратах.

Создание на промышленных предприятиях систем использования воды в замкнутом цикле связано с необходимостью нового подхода к постановке научных исследований, проектированию, выбору рациональных методов очистки сточных вод и технико-экономической оценке производства товарного продукта. На смену разработки отдельных методов очистки сточных вод приходит разработка систем водного хозяйства промышленных предприятий, включающих оптимизацию использования воды во всех операциях, производствах и цехах, регенерацию отработанных растворов и воды с одновременным извлечением ценных компонентов и получением новых видов товарных продуктов.

Вода в производстве выполняет целый ряд функций. Она может использоваться в качестве непосредственного химического реагента или промышленного сырья, охлаждающего агента, экстрагента, растворителя, реакционной и поглощающей среды, транспортирующего агента, компонента энергетических систем. В каждой отрасли с учетом специфики технологии определяется основная функция воды. Так, в черной металлургии, химической

и нефтехимической промышленности от 75 до 80 % расходуемой воды используется в качестве охлаждающего агента, в цветной и целлюлозно-бумажной промышленности соответственно 80 и 90 % расходуемой воды используется в качестве среды и экстрагента.

В зависимости от выполняемой функции воды системы ее использования подразделяются: на технологические, в которых вода используется в качестве промышленного сырья, растворителя и реакционной среды; экстрагентные, в которых вода используется для извлечения из полупродукта или товарного продукта нежелательных примесей, очистки газообразных выбросов, очистки твердых отходов от водорастворимых компонентов, мойки оборудования; охлаждающие и транспортирующие, в которых вода используется соответственно в качестве охлаждающего и транспортирующего агента.

Все системы, использующие воду в обороте, целесообразно подразделить на локальные, централизованные и смешанные. В локальных системах вода используется в обороте после регенерации в одном или последовательно в нескольких технологических процессах. При централизованном водоснабжении вода различных операций проходит обработку единым потоком, после чего возвращается в производство. При смешанном водоснабжении воды одной оборотной системы используется в другой оборотной системе (например, из охлаждающей – в экстрагентной, их экстрагентной – в транспортирующей). Оборотные системы, работающие без вывода части оборотной воды (продувочной воды), являются замкнутыми. Свежая вода или вода из других систем используется в них только для восполнения потерь.

Требования к качеству воды в оборотных системах определяются условиями ее использования. В общем виде они сводятся к следующему: вода не должна оказывать отрицательного влияния на качество получаемого продукта; не должна вызывать образование солевых отложений, биологических обрастаний и коррозии аппаратуры, трубопроводов и сооружений; должна обеспечивать требуемое санитарно-гигиеническое состояние рабочих мест. В некоторых случаях отработанные технологические растворы и сточные воды целесообразно передавать для использования на других предприятиях.

Создание замкнутых систем водного хозяйства на промышленных предприятиях является сложным процессом. Сроки создания таких систем зависят от сложности технологии, разработки и внедрения совершенных технологических процессов и аппаратуры, агрегатов большой мощности. Совершенных систем использования воды в производстве, т.е. от решения комплекса вопросов, обеспечивающих экономичность использования воды в замкнутом цикле. На некоторых предприятиях эти системы могут создаваться уже в настоящее время, а на других еще требуется дополнительная проработка и подготовка.

Основными предпосылками для создания ЗСВ на промышленных предприятиях являются [5]

1. Применение безводных или маловодных технологических процессов, обеспечивающих более полное комплексное использование сырьевых ресурсов. Внедрение аппаратов воздушного охлаждения позволяет не только сэкономить значительное количество воды, но и уменьшить количество сточных вод.

2. Выбор комплекса производств предприятия и их размещение на промышленной площадке, обеспечивающие последовательное многократное использование воды.

3. Совершенствование технологических процессов, позволяющих сократить количество и загрязненность сточных вод.

4. Рациональное многократное использование воды во всех технологических операциях и процессах, создание локальных замкнутых систем технического водоснабжения. Особое значение приобретают рациональное использование воды в наиболее водоемких технологических процессах, например при промывке сырья, полупродуктов, готового продукта, и разработка физико-химических способов очистки сточной воды, обеспечивающих возврат очищенной воды в эти же процессы.

5. Классификация сточных вод, как по характеру загрязнений, так и по их общей загрязненности и разработка рациональной системы их очистки с целью повторного использования. Особое значение приобретает разработка методов очистки сточных вод от органических соединений отдельных классов с учетом физико-химических свойств этих и основных сопутствующих соединений.

6. Обеспечение такого качества сточных вод, поступающих на внеплощадные очистные сооружения, которое позволяет осуществить их очистку на этих сооружениях. Обязательным условием создания замкнутых систем водоснабжения промышленных предприятий является удаление из сточных вод биологически неразрушаемых и токсичных соединений из локальных потоков до их объединения в общий поток, поступающей на внеплощадочные очистные сооружения.

7. Обеспечение качества биологических очищенных сточных вод, удовлетворяющего требованиям к воде, используемой для восполнения потерь в оборотных системах, по санитарно-гигиеническим и токсикологическим показателям. Для достижения этой цели используется один из основных методов глубокой очистки или их комбинация. При использовании очищенных сточных вод в системах оборотного водоснабжения необходимым является их кондиционирование: при режиме с продувкой – обработка с целью предотвращения биообратаний и карбонатных отложений; при безпродувочном режиме – дополнительная обработка для предотвращения коррозии и частичного удаления из оборотной воды взвешенных веществ. Санитарно-гигиеническая безопасность повторного использования таких сточных вод в

оборотных системах охлаждающего водоснабжения обеспечивается как в процессе очистки, как и при кондиционировании воды в оборотных системах.

8. Применение рациональных методов обессоливания сточных вод. При обессоливании сточных вод необходима их классификация и разработка рациональной системы. Идеальным решением является выделение солей и возврат в производство очищенной воды и выделенных солей или регенерация рассолов и повторное их использование.

Вода в технологических процессах на предприятиях может использоваться как сырье, растворитель, поглощающая среда, теплоноситель и другое. Поэтому и требования к ее качеству, в зависимости от характера и цели применения, весьма различны (таблица 3.1). Однако можно дать условную классификацию требований к качеству воды:

- вода, к качеству которой не предъявляются технологические требования;
- вода, очищенная до качества очищенных источников, используемых обычно для технического водоснабжения без дополнительной обработки;
- вода, очищенная до показателей питьевых стандартов;
- глубокоочищенная вода.

Из всего многообразия функционального использования водных ресурсов в промышленных технологиях наибольшее количество воды используется в качестве хладагента (70%), экстрагента (15-20%), транспортирующего агента (10-15%). Имеется ряд направлений, позволяющих экономить воду: замена водяного охлаждения воздушным, использование сооружений сухой очистки газов и воздуха от пыли, испарительного и форсуночного охлаждения, противоточно-каскадных систем промывки, пневматических систем транспортирования. Все это позволяет сократить удельное потребление воды в среднем на 20-30 % [6].

Так, для подпитки охлаждающих систем оборотного водоснабжения вместо вод открытых источников можно использовать биологически очищенные сточные воды с глубокой очисткой их на фильтрах с зернистой загрузкой, иногда с применением коагулянтов. В горно-обогатительной промышленности и для некоторых процессов в металлургии можно применять биологически очищенные сточные воды без дополнительной обработки. В ряде стран довольно широко практикуется применение в охлаждающих системах производственного водоснабжения городских сточных вод после их полной биологической очистки на зернистых фильтрах и последующего обезвреживания.

Создание замкнутых систем водного хозяйства промышленных предприятий базируется на результатах научно-исследовательских и опытно-конструктивных работ, позволяющих обеспечить рациональное использование воды во всех технологических процессах, максимальную утилизацию компонентов сточных вод, сокращение капитальных и эксплуатационных затрат, нормальные санитарно-гигиенические условия работы обслуживающего

Таблица 3.1

Примерные требования к качеству воды, используемой в ЗСВ
промышленных предприятий

Показатель	Единица измерения	Вода, используемая для охлаждения оборудования и продукта в теплообменных аппаратах		Вода, используемая в качестве транспортирующей, поглощающей, экстрагирующей и другой среды	
		охлаждение без огневого нагрева поверхностей теплообмена	охлаждение огневого нагрева поверхностей теплообмена	обогащение, гидротранспорт, без нагрева	улавливание и очистка газов и др., с нагревом
Температура	°С	Определяется в зависимости от технологического процесса			
Взвешенные вещества	мг/л	До 50	До 20	При гравитации до 10000, при флотации до 200	
Эфирорастворимость	»	»20	»10	Не нормируется	
Запах	Балл	» 3	» 3	До 3	До 4
pH	-	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5	Не нормируется	6,5 – 9,0
Жесткость: общая карбонатная	мг·экв /л	50 До 3,5	- До 2,5	- Не нормируется	- При очистки газов необходима обработка оборотной воды
Щелочность общая	»	Не более 4	Не более 3	То же	Необходима обработка воды
Общее содержание	мг/л » » »	До 2000 » 350 » 500 1,0 – 4,0	До 800 150 250 0,5 -1,0		Не нормируется То же » »
Окисляемость перманганатная	»	До 20	До 20	При гравитации не нормируется, при флотации 10	»
ХПК	»	» 200	-	Не нормируется	
БПК ₅	»	15 - 20	-	То же	
Биогенные элементы в добавочной воде: азот общий фосфор (в пересчете на Р ₂ O ₅)	» »	150 5	150 -	» »	

персонала, исключение загрязнения окружающей природной среды. Рациональные системы использования воды с учетом совершенствования технологии основного продукта с целью сокращения расхода воды, количества и качества (степени загрязненности) образующихся сточных вод разрабатываются на основе научно обоснованных требований к качеству воды, используемой в каждом технологическом процессе.

Распространенность воды в природе, низкая стоимость подачи ее на производство и сброса использованной воды привели к распространению так называемых мокрых технологий. Однако в ряде случаев мокрая технология вполне может быть заменена на сухую. Поэтому использованию воды в производстве должно предшествовать рассмотрение и оценка применения безводной технологии.

При рассмотрении охлаждающей системы необходима предварительная технико-экономическая проработка возможности и целесообразности следующих процессов:

- рекуперация теплоты технологических жидкостей и растворов путем теплообмена между их холодным и горячим потоком;
- утилизации теплоты от потоков с высокой температурой для получения (энергетического и технологического) водяного пара с помощью испарительного охлаждения;
- утилизация отводимой теплоты газообразным, жидким или твердым сырьем;
- передача избыточной теплоты на соседние предприятия;
- использования охлаждающей способности природного газа при его расширении на выходе из скважины, отвода избыточной теплоты с конечным товарным продуктом;
- использование климатических особенностей местности, где располагается предприятие (низкая температура наружного воздуха). Ветров, холода стратосферы, вечной мерзлоты, ледников и т.п.);
- применение воздушно-испарительного, двухконтурного испарительного и воздушного охлаждения;
- применение холодильных установок.

Целесообразно применение воздушного, воздушно-испарительного и двухконтурного испарительного охлаждения. Основное преимущество аппаратов воздушного охлаждения (АВО) перед градирнями, брызгальными бассейнами и прудами-охладителями заключается в отсутствии потерь воды на испарение и ветровой унос. Охлаждающая вода циркулирует в замкнутой системе и поэтому к оборотной воде не предъявляются такие жесткие требования, как в системах водяного охлаждения. АВО просты и удобны в эксплуатации, могут работать в любых климатических условиях.

Оборотные системы охлаждающего водоснабжения могут быть локальными и централизованными. Выбор той или иной системы зависит от мате-

риала и условий работы охлаждающего оборудования, физико-химической характеристики охлаждаемого продукта, протяженности коммуникаций.

Централизованные системы водоснабжения создаются для регенерации различных сточных вод, близких по химическому составу, для обработки которых целесообразно использовать один и тот же способ. В некоторых случаях необходима предварительная очистка одного или нескольких локальных потоков перед их объединением со всеми остальными сточными водами.

В зависимости от условий возможно создание на предприятии нескольких оборотных централизованных систем. В самом общем виде замкнутая система водного хозяйства промышленного предприятия включает:

- 1) локальные оборотные (замкнутые) системы;
- 2) централизованные замкнутые системы;
- 3) охлаждающие локальные (централизованные системы) оборотные (замкнутые) системы, а также системы последовательного использования воды в двух или нескольких технологических операциях с передачей воды из одной оборотной системы в другую. Эти замкнутые системы разрабатываются на основе данных по количеству и характеристике используемой воды, отводимых сточных вод и отработанных технологических растворов в каждой технологической операции.

На рис. 3.4 приведена схема оборотного водоснабжения цеха холодной прокатки. Сточные воды, образующиеся при работе стана 8 и содержащие в основном частицы металлической окалины и масла, попадают в отстойник 1. В нем выделяются твердые частицы и наиболее легкие фракции масла. Далее сточные воды направляются в промежуточный отстойник 2, где осаждаются мелкие фракции частиц. Из отстойника сточные воды отбираются насосом 3, в который через трубопровод 4 подается сжатый воздух. Смесь воды с воздухом поступает в сатуратор 5, где интенсивно перемешивается, и затем направляется во флотатор 6 для окончательной очистки от маслопродуктов. Выделенные маслопродукты отводятся на участок их регенерации, а сточная вода из флотатора поступает в промежуточный отстойник 2. Для очистки сточной воды от твердых частиц и частиц масла размером менее 1,5 мкм она пропускается через бумажный фильтр 7. Очищенная таким образом вода собирается в промежуточном отстойнике 2 и затем с помощью насоса 3 подается для охлаждения прокатываемых изделий, узлов стана и оборудования цеха.

При разработке оборотных систем водоснабжения промышленных предприятий необходимо планировать очистку и повторное использование поверхностных сточных вод с учетом следующих требований:

- обеспечение локализации стока с отдельных участков территории предприятия и его отвода либо в общезаводские очистные сооружения, либо (после предварительной очистки) в общую схему очистки поверхностных сточных вод;

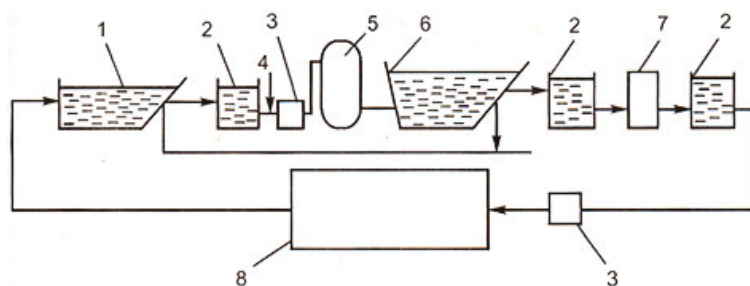


Рисунок 3.4 – Схема оборотного водоснабжения прокатного стана

- создание раздельной организации стоков с водосборных участков, отличающихся по составу и количеству примесей, поступающих в поверхностные сточные воды;
- обеспечение очистки поверхностного стока совместно с производственными сточными водами;
- применение локальных очистных сооружений для поверхностных сточных вод.

При разработке замкнутых водооборотных систем для всех отраслей экономики в качестве общих выступают следующие задачи (А.В. Зайцев, 1999 г.):

- максимальное применение воздушного охлаждения вместо водяного: на многих предприятиях на охлаждение расходуется до 70 % всей используемой воды;
- размещение комплекса производств на промышленной площадке таким образом, чтобы было возможно многократно (каскадно) использовать воду в технологических производствах;
- последовательное многократное использование воды в различных или идентичных производствах должно по возможности приводить к образованию небольшого объема максимально загрязненных сточных вод, для обезвреживания которых можно подобрать достаточно эффективные методы очистки;
- использование воды для очистки газов только тогда, когда из газов извлекаются и используются ценные компоненты; применение воды для очистки газов от твердых частиц допускается только в случае замкнутого цикла;
- обязательная регенерация отработанных кислот, щелочей и солевых технологических растворов с использованием извлекаемых продуктов в качестве вторичного сырья.

При создании замкнутых водооборотных систем промышленных предприятий водоподготовка и очистка сточных вод должны рассматриваться как единая система. Проектирование замкнутых систем проводится одновременно с проектированием основного производства. Образующиеся при очистке сточных вод осадки перерабатываются в товарную продукцию или выдаются в виде вторичного сырья.

Технико-экономическая оценка водопользования

Экономическая оценка системы использования воды в производстве не может рассматриваться изолированно, вне связи с экономической эффективностью производства товарного продукта. Последняя производится без учета затрат на переработку жидких, газообразных и твердых отходов до товарных продуктов или до вторичного сырья и на очистку сточных вод до качества, позволяющего использовать их в производстве или сбросить в водоем. Экономическую эффективность систем использования воды необходимо производить с учетом потерь сырья и вспомогательных материалов при производстве единицы товарного продукта [7].

При создании замкнутых систем водного хозяйства на промышленных предприятиях резко уменьшаются потребление свежей воды и расходы на строительство объектов водоснабжения и канализации, появляется возможность получения дополнительной товарной продукции, сокращения расхода сырья и вспомогательных материалов.

Для оценки системы использования воды в производстве целесообразно применять два показателя:

– коэффициент использования оборотной воды

$$K_{об} = Q_{об} / (Q_{об} + Q_{св});$$

– коэффициент использования свежей воды

$$K_{св} = (Q_{св} - Q_{сб}) / Q_{св},$$

где $Q_{об}$ – количество оборотной воды, $м^3/ч$; $Q_{св}$ – количество свежей воды, забираемой из источника, $м^3/ч$; $Q_{об} + Q_{св}$ – общее количество расходуемой воды, $м^3/ч$; $Q_{сб}$ – количество сточных вод, сбрасываемых в водоем, $м^3/ч$.

Технико-экономическую оценку систем использования воды на промышленных предприятиях целесообразно проводить в два этапа. На первом этапе осуществляется технико-экономическая оценка принятой технологии производства каждого продукта с учетом использования воды, очистки сточных вод и обработки осадков; на втором – технико-экономическая оценка принятой системы использования воды с учетом очистки сточных вод и обработки осадков всего предприятия в целом.

Оценка системы водного хозяйства осуществляется путем сравнения следующих показателей:

- а) удельного расхода воды на единицу продукции, в том числе свежей;
- б) удельного расхода реагентов, электроэнергии и теплоты на очистку сточных вод;

в) абсолютного количества отходов, образующихся при очистки сточных вод;

г) абсолютного количества товарного продукта, получаемого при очистке сточных вод;

д) себестоимости, рентабельности, фондоемкости, фондоотдачи;

е) годового экономического эффекта по приведенным затратам.

Кроме того, необходимо учитывать экологические показатели – захоронения жидких отходов в подземные горизонты, складирование твердых отходов, состояние воздушного бассейна, флоры и фауны. Выбор методов и оборудования для очистки сточных вод осуществляется исходя из количества сточных вод и диапазонов концентраций примесей.

Расчет выпусков сточных вод в водоемы проводят в зависимости от преобладающего вида примесей в сточных водах и характеристик водоема.

Экологическая стратегия и политика развития производств

Современное состояние окружающей среды, по общему мнению, близко к критическому. Это обусловлено бурным развитием технического прогресса, темпы которого многократно превосходят ассимиляционные возможности природы. В 2003 году ресурсов использовалось на 20% больше, чем наша планета может их регенерировать, и эта величина продолжает расти с каждым годом. По прогнозам, если ничего не изменится, к 2050 году люди должны будут потреблять 180-220 % биологических возможностей Земли.

Понимание этого привело к необходимости усовершенствования политики развития производственных процессов и его последующего практического внедрения. Таким образом, возникло понятие «экологизация производства», которое в нашей стране (учитывая крайне низкий уровень экологического мышления) является основной практической возможностью для улучшения состояния окружающей среды. Поэтому в последние годы в мире заметно повышается роль экологических факторов в системе управления производством и в самом производстве, экологических характеристик технологий и продукции. Можно констатировать, что наблюдается нарастающая тенденция экологизации производства и экономики.

Экологические стратегии. Программы охраны окружающей среды стали наиболее естественной реакцией на угрозу экологического кризиса, так как до сих пор считается, что именно техногенное загрязнение среды лежит в основе этой угрозы или является ее главным компонентом.

За последние десятилетия в промышленно развитых странах разработаны и осуществляются многие региональные и национальные программы охраны окружающей среды (ПООС). Они предусматривают большие комплексы различных мер: анализ ущербов, выделение целей и приоритетов, нахождение балансов между политикой и инвестициями, экономические и тех-

нологические средства контроля и охраны качества воздуха, воды и почвы, решение проблем твердых отходов, радиоактивного загрязнения и т.д.

Уровень затрат на реализацию ПООС постоянно растет и в развитых странах составляет заметную долю ВВП. Вся эта деятельность выглядит как стремление осуществить «всеобщую очистку» при сохранении темпов экономического роста и минимальном влиянии на основные параметры экономики. Но в соответствии с фундаментальными законами сохранения и вторым началом термодинамики («все должно куда-то деваться») полностью безотходные технологии, как и полностью безотходные предприятия существовать не могут. Тем более, что любая продукция тоже является отложенным отходом. Когда говорят о локальных успехах очистки на какой-то территории или в какой-то стране, часто забывают, что при этом сильнее загрязняется другая территория или другая страна, где добывалось сырье и производились полуфабрикаты для «чистого» производства или куда импортируются его отходы, в том числе и в виде импортной продукции.

Охрана окружающей среды сама по себе не может существенно снизить природоемкость производства без его серьезных количественных и качественных изменений.

В 1972 году была проведена *Первая Всемирная Конференция* по окружающей среде в Стокгольме. В ней участвовали представители 113 государств. Генеральный секретарь Конференции Морис Стронг впервые сформулировал понятие экоразвития – экологически ориентированного социально-экономического развития, при котором рост благосостояния людей не сопровождается ухудшением среды обитания и деградацией природных систем. Было ясно, что практическая реализация идеи экоразвития крайне сложная, так как предполагает коренное изменение хода мирового развития, стратегии использования и распределения ресурсов, глубокие преобразования в экономике и межгосударственных отношениях. Исследования и разработка программ велись по следующим направлениям:

- обобщение информации о тенденциях мировой динамики, составления прогнозов развития;
- естественно-научное прогнозирование состояния биосферы, крупных региональных природных комплексов и изменений климата под влиянием техногенных воздействий;
- изучение возможностей экологической ориентации и регламентации использования природных ресурсов и качественной экологизации производства для уменьшения антропогенного давления на окружающую среду;
- организация международного сотрудничества и координация усилий в области решения региональных и национальных задач экоразвития и управления природопользованием.

Это потребовало создания специальной структуры – Программы ООН по окружающей среде (ЮНЕП). ЮНЕП использовала опыт программы ЮНЕСКО «Человек и биосфера» и продолжала тесное сотрудничество с ней.

В 1983 году по инициативе Генерального Секретаря ООН была создана *Международная комиссия по окружающей среде и развитию (МКОСР)*. Ее возглавили премьер-министр Норвегии Г. Х. Брунтланд. МКОСР была призвана вскрыть проблемы, объединяющие экологическую и социально-экономическую озабоченность людей в разных регионах мира. В задачи МКОСР входило:

- предложить долгосрочные стратегии в области окружающей среды;
- рекомендовать пути, посредством которых забота об окружающей среде привела бы к более тесному сотрудничеству между странами, находящимися на разных уровнях социально-экономического развития;
- рассмотреть способы и средства, используя которые мировое сообщество смогло бы эффективно решать проблемы окружающей среды в разных регионах планеты;
- помочь выявить общие подходы к пониманию долговременных проблем глобальной экологии и условий обитания человека.

В 1987 году был опубликован отчет МКОСР под названием «Наше общее будущее». Этот документ резко обострил вопрос о необходимости поиска новой модели цивилизации. Прозвучал призыв к «новой эре экономического развития, безопасного для окружающей среды». С этого времени в международный обиход вошло понятие «sustainable development», переводимое на русский язык как устойчивое развитие. Под ним понимают такую модель социально-экономического развития, при которой достигается удовлетворение жизненных потребностей нынешнего поколения людей без того, чтобы будущие поколения были лишены такой возможности из-за истощения природных ресурсов и деградации окружающей среды.

В июне 1992 г. в Рио-де-Жанейро *Конференция ООН по окружающей среде и развитию (КСОР-2)*. В ней приняли участие 189 стран. В качестве центральных идей КСОР-2 постулировала:

- неизбежность компромиссов и жертв, особенно со стороны развитых стран, на пути к более справедливому миру и устойчивому развитию;
- невозможность движения развивающихся стран по пути, которым пришли к своему благополучию развитые страны;
- необходимость переворота мирового сообщества на рельсы устойчивого долговременного развития;
- требование ко всем слоям общества во всех странах осознать безусловную необходимость такого перехода и всячески ему способствовать.

Конференция приняла несколько важных документов: Декларация Рио по окружающей среде и развитию; Заявление о принципах глобального консенсуса по управлению, сохранению и устойчивому развитию всех видов ле-

сов; Рамочная конвенция об изменении климата; Конвенция о биологическом разнообразии; Повестка дня на 21 век – документ, ориентированный на подготовку мирового сообщества к решению эколого-экономических и социально-экономических проблем близкого будущего. Этот документ включает в себя более 100 программ. Ими охвачены разнообразные глобальные проблемы: от преодоления нищеты до усиления роли общества в решении проблем охраны природы.

Декларация Рио-92 призывает все государства принять ответственность за все формы деятельности, наносящие ущерб окружающей среде в других странах, информировать другие страны о потенциально возможных и совершившихся техногенных и природных катастрофах, наращивать эффективность природоохранного законодательства, не допускать перенесения на территорию других государств источников экологической опасности. Все государства обязаны исключить из своей практики использование моделей производства и потребления, не способствующих устойчивому развитию, а также на то, что разные государства в разной степени ответственны за истощение планетарных ресурсов и загрязнение среды. Мировое сообщество должно приблизиться к введению системы цен на все виды ресурсов с полным учетом ущерба, наносимого окружающей среде и будущим поколениям, а также к применению квот на загрязнение среды. Переход к квотированию означал, что многим странам в будущем придется покупать квоты. При этом страны с высоким удельным уровнем потребления ресурсов окажутся в невыгодном положении. Подобные требования не могли не вызвать столкновение позиций по ряду проблем Конференции. Особенно выделилась негативная позиция США по отношению к ряду документов. Возникшие коллизии очень поучительны как примеры эколого-экономической взаимозависимости и влияния экологии на политику.

Стоит отметить, что глава делегации России на Конференции в Рио бывший вице-президент А. Руцкой легкой рукой подписал все соглашения и документы КСОР-92, но, пожалуй, единственное, что «сделала» Россия после этого для их «выполнения», – это снизила вдвое объем промышленного производства. Правда его валовая природоемкость при этом уменьшилась далеко не так заметно.

Еще в начале 20-х гг. В.И. Вернадский пришел к мысли, что изменение природы «силой культурного человечества» становится явлением геологического масштаба. Человек как часть биосферы своим трудом многократно усиливает планетарную функцию живого вещества, она все больше становится управляемой человеческим разумом. Этот процесс приводит к постепенному преобразованию биосферы в «мыслящую оболочку», сферу разума – ноосферу. *Ноосфера, по В.И. Вернадскому*, – высший этап развития земной природы, результат совместной эволюции природы и общества, направляемой человеком; будущее биосферы, когда она, благодаря разумной деятель-

ности и могуществу человека, приобретает новую функцию – функцию гармоничной стабилизации условий жизни на планете. Эпохе ноосфере должна предшествовать глубокая социально-экономическая реорганизация общества, изменение его ценностной ориентации. Этим, в сущности, исчерпывается все содержание идей Вернадского о ноосфере. Развернутого и научного описания с отчетливыми характеристиками не существует.

На западе упоминания о ноосфере отсутствуют или очень редко проskalзывают в трудах философов. У нас же она считается экологическим идеалом, конечной целью устойчивого развития. Однако остро стоит вопрос о принципиальной возможности ноосферы.

Критерий Моисеева. Устремление к новой цивилизации, по мнению академика Н.Н.Моисеева, должно реализовываться через коэволюцию человеческого общества и биосферы. Коэволюция рассматривается как развязка узла противоречий в триаде экологии, нравственности и политики, как согласование «стратегии природы» и «стратегии разума». Так как реальные закономерности и темпы эволюции биосферы и человеческого общества сильно различаются, то фактически речь идет лишь о глубоком изменении поведения общества по отношению к природе. В качестве критерия, оценивающего эффективность человеческой деятельности Н. Н. Моисеев считает возможным применить термодинамический критерий – принцип минимума диссипации (рассеяния энергии). Все это предполагает коренное изменение социальной организации общества, причем обязательно в международном масштабе.

Критерий В.Г.Горшкова. В 70-х гг. 20 века российский ученый биофизик В.Г.Горшков разработал теорию естественной биотической регуляции и стабилизации окружающей среды. Теория биотической регуляции позволила определить величину предельного антропогенного воздействия на природные экосистемы при которой происходит ее возмущение, ведущее в дальнейшем к необратимой деградации. В.Г.Горшков считает, в перспективе, необходимым расширение площадей ненарушенных экосистем, за счет сокращения территорий занятых хозяйственной деятельностью и восстановлением на них естественных сообществ организмов. Дело это длительное занимающее сотни лет, но регулирующие (стабилизирующие) возможности вновь созданных экосистем восстанавливаются гораздо быстрее – за десятки лет. Таким образом, биосферная концепция устойчивого развития основана на научно-обоснованной теории естественной биотической регуляции, а ресурсная – на практическом опыте человека и, выход из кризиса видит в новых технологиях и ресурсосбережении.

Довольно интересна *концепция экологической эффективности (ЭЭ)*. Она включает не только основные поступления (материалы, энергию, воду, землю), но и отдельные критические выходы в окружающую среду (выбросы в атмосферу, сточные воды, твердые отходы) и относит их к производимым продуктам, услугам или выгодам. Однако повышение ЭЭ необязательно оз-

начает абсолютное сокращение потребности в ресурсах или выбросов, она является мерой относительной и может повышаться с ростом давления на окружающую среду. Но для последней снижение абсолютного воздействия за счет потоков материалов является существенным фактором. Поэтому количество потоков материалов, вызванных человеком с помощью промышленной системы, должно корректироваться до терпимых уровней обмена между экономикой и окружающей средой.

С 90-х годов прошлого столетия во все большей мере распространяется стратегия, именуемая «дематериализацией» *промышленного метаболизма* (ПМ). Идея ПМ отражает перспективы системы, когда социально-экономическая и техническая системы встраиваются в окружающую среду. Устойчивое развитие требует совместного существования обеих подсистем и таким образом должно зависеть от основных предварительных условий метаболического обмена.

Под дематериализацией ПМ понимается следующее. Потребность в большом количестве ресурсов для экономики промышленно развитых стран сделала снижение их потребления в мировом масштабе предварительным условием устойчивости. Признавая необходимость развивающихся стран и социальную цель равенства в пользовании природными ресурсами, а также принимая во внимание экономические и экологические проблемы, ученые института в Вуппертале предложили факторы 4 и 10. Они означают необходимость и принципиальную возможность повышения эффективности использования ресурсов, соответственно, в 4 и 10 раз в ближайшие 30-50 лет. Фактор 4, очевидно, является шагом на пути к реализации фактора 10. Цель факторов 4/10 заключается в предоставлении возросшего объема услуг с точки зрения полезности, а также добавленной экономической ценности в сочетании с одновременным требованием по снижению потребления ресурсов. Первая часть фактора в большей мере относится к энергетической производительности в промышленно развитых странах в ближайшие 30 лет, а вторая – больше к материальной продуктивности и абсолютному снижению потребности в ресурсах в ближайшие 50 лет. Многие страны уже приняли концепции факторов 4/10, также как и Всемирный Совет бизнеса за устойчивое развитие (WBC30 199С), являющийся основным представителем промышленности.

«*Back-stop-технологии*». Понятно, что невозобновляемые ресурсы в любом случае когда-нибудь закончатся. Но, с другой стороны, сами по себе элементы, которые входят в состав ресурсов, никуда не исчезают. Например, сжигая добываемый из недр уголь, мы превращаем его в углекислый газ, перемещающийся в атмосферу, и, очевидно, можем восстановить в углерод (уголь) обратно. По сути, сначала извлекается энергия, а затем придется энергию затрачивать. Отсюда понятно, что при наличии неисчерпаемого источника энергии конечность природных ресурсов уже не кажется столь очевидной. Способ, с помощью которого можно преодолеть конечность нево-

зобновляемых ресурсов, называется «*back-stop-технологии*». В принципе возможны два случая: либо невозобновляемые ресурсы заменяются возобновляемыми, как, например, нефть на древесину в качестве сырья для нефтехимической промышленности; либо потребляемые обществом сырьевые ресурсы переводятся в замкнутый, т. е. бесконечный кругооборот рециклирования. В условиях рыночной экономики переход от невозобновляемых ресурсов к «*back-stop*» заменителям возможен тогда, когда использование последних становится экономически выгоднее. Очевидно, что добиться этого можно и не дожидаясь полного исчерпания природных ресурсов за счет мер законодательного характера. Например, вводя дополнительный налог на невозобновляемые ресурсы и используя полученные за счет него средства для стимулирования развития «*back-stop-технологий*».

Во второй половине прошлого века в Европе появилась концепция

«Чистое производство» (ЧП) (иногда еще выделяют БЧП – «Более чистое производство», но заложенные в них принципы одни и те же). Программа «Чистое производство» состоит из трех основных уровней:

- 1) ресурсосбережение;
- 2) финансовый инжиниринг;
- 3) экологический менеджмент.

Концепции ЧП и БЧП могут использоваться самостоятельно в качестве промежуточных этапов на пути в внедрению СЭМ и последующей экологической сертификации, либо в структуре экологического менеджмента в части инженерно-технических мероприятий, включая и обучение приемам и методам ЧП.

Таким образом, анализ вышеизложенного позволяет со всей ответственностью говорить о явной и нарастающей тенденции к дематериализации экономики, основанной на «экологизации» промышленности и экологической «реиндустриализации» производства в целом.

Политика развития производства

На уровне управления предприятий, производственных объединений задачи экоразвития трансформируются в управление экологизацией производства. Экологизация производства является важнейшим элементом экономики и организации промышленных предприятий.

Под экологизацией производства понимается максимально возможное уподобление производственных процессов в целом и ресурсных циклов в частности природным круговоротам веществ в биосфере, либо это любые мероприятия, снижающие опасность производства для природы и человека.

В основе экологизации производственных процессов лежит ресурсосбережение, основанное на передовых технологиях переработки природных ресурсов, и их движение от первичного состояния к потребителю в виде го-

товой продукции и дальнейшее использование в последующих циклах. Для реализации экологизации производства и экономики используют такие известные принципы, как экоэффективность, экологически чистое производство, экологическая маркировка, система экологического менеджмента и др. Но практически во всех случаях в явном или опосредованном виде, в их основе лежит оценка жизненного цикла продукции (ОЖЦП). В реальных условиях обычно используют ее сокращенный вариант, именуемый «от ворот до ворот». В этом случае ОЖЦП начинается с момента поступления сырья на предприятие и заканчивается отгрузкой продукции потребителю. Такой подход объясняется тем, что в мире не так много предприятий, которые используют полный цикл, т. е. начиная с разведки месторождения и добычи сырья («рождение») до утилизации продукции, потерявшей потребительские свойства («могила»). Именно полному циклу сейчас уделяется все большее внимание, чему во многом способствуют меры политического и законодательного характера. Более того, «могила» в конце жизненного цикла все чаще заменяется «реинкарнацией» - возрождением продукции в новом качестве.

Следующим качественным шагом в экологизации можно считать переход от ОЖЦП к оценке жизненного цикла материалов. Если в первом случае определяющим фактором служила минимизация прямого воздействия на окружающую среду, то во втором – учитываются косвенные, предполагающие многократное использование в так называемом цикле «технических питательных веществ». Это обусловлено пониманием того, что проблемы окружающей среды нужно решать до их возникновения, т. е. на стадии проектирования. А это требует серьезного изменения структуры потребляемых материалов с переносом основной нагрузки на возобновляемые ресурсы. Неслучайно появилось такое понятие, как устойчивое управление ресурсами (SRM). Оно означает сложный комплекс мер политического, экономического, технического и социального характера, направленных на резкое снижение потребления абиотических ресурсов (невозобновляемых) до уровня естественного воспроизводства. По мнению ученых и многих руководителей ряда стран (особенно в Европе), только таким путем можно снизить постоянно растущий поток отходов.

Неэффективность использования ресурсов можно проиллюстрировать следующими примерами. Количество отходов, образующихся при изготовлении полупроводниковой микросхемы, превышает ее по массе в 100 тыс. раз, а в случае небольшого портативного компьютера – в 4 тыс. раз. Неиспользованная часть добываемых ресурсов именуется «экологическим рюкзаком». Чем он тяжелее, тем менее эффективно с экологической точки зрения то или иное производство.

В таблице 3.2 показаны пути ресурсосбережения. Природные компоненты выступают лишь начальным или промежуточным звеном в длинной цепи, которая связывает природу и продукцию производства, поступающую к потребителю, а для последнего неважно, сколько первичного природного

ресурса было использовано при изготовлении. Поэтому производство должно исходить не из природных ресурсов, т. е. не от того, сколько их можно использовать, а от количества тех природных ресурсов, которые дойдут до потребителя в составе готовой продукции. Такой подход требует тщательного анализа взаимозаменяемости и дополняемости факторов производства (трудовые ресурсы, средства производства, природные компоненты) в народном хозяйстве с позиций конечного результата, ради возможности экономии природных ресурсов при сохранении количества и качества производимой продукции. Таким образом, оптимизация взаимодействия факторов роста производства, их комбинирование позволяет снизить нагрузку на природные ресурсы, а значит, на природу.

Таблица 3.2

Пути ресурсосбережения

Направление	Путь
Внедрение ресурсосберегающих технологий	«Безотходная» Малоотходная Новая техника Повышение выхода продукции Снижение ресурсоёмкости Удлинение срока службы продукции
Взаимозаменяемость природных ресурсов	Материалы-заменители Материалы экономичные Нетрадиционные источники энергии Повышение качества продукции
Экономико-математические методы	Задачи линейного и динамического программирования: раскрой, смесь, распределение, транспортирование, Эколого-экономическое моделирование Балансы
Нормирование природных ресурсов	Нормы: изъятие ресурса расход запас плата за ресурсы
Экономия природных ресурсов	Интенсификация использования Комплексное использование Использование вторичных ресурсов Уменьшение потерь и отходов Снижение норм расхода и т. д.

Реализация возможна путём: построения для каждого природного ресурса природно-продуктивной вертикали или цепочки, соединяющей первичные природные ресурсы с конечной продукцией; анализа возможных путей экономического роста с долгосрочных позиций.

Ресурсосберегающая технология предполагает, что производство и реализация конечных продуктов выполняется с минимальным расходом вещества и энергии на всех стадиях технологической цепочки. При этом воздействие на природные системы и человека должно быть наименьшим. Здесь же выдвигается требование полного учёта расходов первичных компонентов природы на промежуточных этапах их переработки, транспортировки, хранения, отнесённой на единицу производимой продукции.

Уменьшение в количественном и стоимостном отношениях потребляемых природных ресурсов при таком же или возрастающем объёмах готовой продукции, выполняется не тогда, когда какой-либо компонент поступает непосредственно на рабочее место, где он превращается в конечный продукт или способствует его выработке. Настоящее ресурсосбережение начинается с проектирования, когда оно уже на стадии проектов добывающих, перерабатывающих и финальных предприятий закладывается во все технологические операции по разведке, оценке, добыче и переработке природного фактора на всех стадиях его движения к потребителю, а попадая на замыкающие производства – от конструктивных, технологических и эксплуатационных особенностей их использования.

Важным направлением в ресурсосбережении является всемерное использование принципа заменяемости ресурсов, под которым понимается замещение одного природного ресурса другим, более экономичным и экологически безопасным. Взаимозаменяемость различается по экономическому и техническому критериям. Не всякие природные ресурсы, взаимозаменяемые технически, позволяют производить замену с экономической и экологической точек зрения, и наоборот.

Действия «реиндустриализации» производства организационно-управленческого характера

По инициативе крупных промышленных корпораций после серьёзнейших аварий с тяжёлыми экологическими и материальными последствиями (Бхопал, Севезо, болезнь Миямото, аварии нефтеналивных супертанкеров и т.д.) процесс экологизации производства стал набирать обороты. Так возник *экологический аудит*, основной целью которого было выявление потенциальных экологических рисков, а затем и система экологического менеджмента (СЭМ).

Экологическая сертификация занимает в схеме реиндустриализации особое место, поскольку является единственным узаконенным и признанным на международном уровне документом, подтверждающим соответствие

стандартам серии ISO 14000. Существуют два вида экологической сертификации, которые реализуются по полной и сокращенной схемам. В первом случае сертифицируется СЭМ (система управления выдается экологический сертификат) по стандарту ISO 14001, во втором – экологическая маркировка (ЭМк) – выдается лицензия на использование экологической этикетки продукции по стандарту ISO 14024 (в нашей стране, соответственно, ГОСТ Р ИСО 14001 и 14024). Основой сертификации служит ОЖЦП, регламентируемая стандартами ISO 14040-43.

Всю систему управления меняет именно скрупулезный учет всех экологических факторов, включая ресурсы (материальные, финансовые, технические, людские) и воздействие на окружающую среду, открытое декларирование принципов и целей экологической политики предприятия, также оказывает серьезное влияние даже на стратегический менеджмент. Главной задачей становится создание такой системы управления, которая способна обеспечить постоянную минимизацию нагрузки на окружающую среду.

Экологическая сертификация предназначена для отдельных предприятий и производств, но ее сложно применять на уровне территориальных образований. Связано это не столько с какими-то ограничениями в СЭМ, сколько с усложнением биотехногенной системы, которая обуславливает недостаточную эффективность внедрения СЭМ на отдельных предприятиях для системы в целом. Поэтому потребовалось дополнительное использование основных принципов экологических систем, существующих в природе. Так возникло понятие об индустриальных экологических системах (ИЭС), призванных реально сблизить технологии производства и биотические методы регулирования в техносфере. В этом случае используются четыре основных принципа, действующих в биосфере, применительно к промышленным предприятиям, расположенным в каком-то ограниченном пространстве: каскадирование, разнообразие, локальность и постепенность изменений. Каскадирование относится к эффективному и максимально полному использованию энергии и материалов по мере снижения их эксплуатационных характеристик; разнообразие – к кооперации участников ИЭС; локальность к замене поставляемых «извне» ресурсов локальными возобновляемыми, а также локальными материальными и энергетическими отходами в качестве вторичных ресурсов; постепенность означает такой темп использования ресурсов, который не превышает регенерационных возможностей системы.

Контроль экологической регламентации хозяйственной деятельности является важной составной частью экоразвития.

Экологическая аттестация и паспортизация предназначены для документального описания эколого-экономических характеристик объектов природоохранной деятельности предприятий и территориально-производственных комплексов.

Любая предпроектная и проектная документация, связанная с какими либо производственными процессами, должна содержать раздел «Охрана окружающей среды» и в нем – обязательный подраздел *ОВОС* – материалы по оценке воздействия на окружающую среду намечаемой деятельности. ОВОС – предварительное определение характера и степени опасности всех потенциальных видов влияния и оценка экологических, экономических и социальных последствий осуществления проекта.

Экологическая экспертиза – специальное изучение хозяйственных и технических проектов, объектов и процессов с целью обоснованного заключения об их соответствии экологическим требованиям, нормам и регламентам.

Этапы экологической «реиндустриализации» в хронологическом порядке:

Экологический аудит → *Система экологического менеджмента (экологическая эффективность, более чистое производство, чистое производство)* → *Экологическая маркировка* → *Индустриальные экологические системы* → *Факторы Ф-4, Ф-10* → *Концепция «Ноль отходов»*.

Концепция экологической эффективности возникла раньше факторов 4/10, хотя некоторые ученые считают ее более глубокой. Скорее всего это обусловлено относительно общим характером экоэффективности и отсутствием таких конкретных показателей, как в Ф4/10.

Концепция «Zero Waste» (ZW) или «Ноль отходов» в настоящее время является конечной целью экологической реиндустриализации. Она означает доминирование сбалансированной в соответствии с концепцией устойчивого развития новой экономики, которая характеризуется тремя отличительными особенностями:

1) управление единым потоком массы отходов заменяется гибкими производственными системами для работы с множеством высококачественных материалов;

2) ключевыми производителями в рамках использования вторичного сырья становятся обычные жители. Для этого требуется разработка методов экономического стимулирования, распространение знаний и созданий институтов, подходящих для использования добровольного труда;

3) переориентация отрасли, ориентированной в основном на бюджетное финансирование, на рынок за счет поставки материалов предприятиям, занимающимся коммерческой переработкой отходов, и предоставления услуг по приему на вторичное использование для самых разных производителей отходов.

Какой бы фантастичной не казалась идея «Ноль отходов», она уже нашла реальное воплощение в ряде городов (Канберра, Сидней и др.), графств Дель Норте и Санта Круус в Калифорнии и даже в целой стране (Новая Зеландия).

Алгоритм «экологизации» производственного процесса

Несмотря на наличие более или менее обоснованных и пригодных для практического использования различных методов «экологизации» производ-

ства, в настоящее время отсутствует внятный механизм их выбора. Хотя «экологизацию» производства можно начать с любого из рассмотренных выше этапов, в условиях ограниченных финансовых ресурсов определяющим становится фактор оптимальности по системе «затраты-выгоды».

В условиях рыночной экономики практически всегда любые решения менеджмента направлены в первую очередь на повышение конкурентоспособности. Значит и в данном случае именно этот аспект выступает в качестве основной цели «экологизации».

Добиться конкурентного преимущества можно разными путями, но принципиально отличных – два, хотя и они взаимосвязаны. Первый – это повышение качества продукции, включая снижение потребления ресурсов и уровень воздействия на окружающую среду за счет внедрения мероприятий инженерно-технического характера. Второй – повышение эффективности системы управления. Их взаимосвязь очень ярко проявляется в СЭМ, эффективность которой заметно снижается при одностороннем подходе. С другой стороны, реализация любого из указанных путей неизбежно приводит к необходимости внедрения второго. Как уже отмечалось, на сегодняшний день в системе инженерно-технических мероприятий в наибольшей мере систематизирована и апробирована концепция ЧП (БЧП), поэтому их и целесообразно использовать при выборе первого пути.

Само по себе получение конкурентного преимущества еще не означает успеха на рынке. Для этого нужна реклама. Если не «копаться» в нюансах, то наиболее эффективной реклама бывает при наличии «раскрученного» бренда (торговая марка, яркий слоган и т. п.). Для процесса «экологизации» таким брендом, безусловно, является экологический сертификат, который весьма высоко ценится во всем мире. Например, в странах Северной Европы товары, не имеющие экологической маркировки, вообще не имеют спроса. Таким образом, теперь можно конкретизировать первоочередную цель «экологизации» как необходимости получения экологического сертификата по оптимальной в экономическом плане схеме.

Корректное решение этой задачи невозможно без математического моделирования, которое само по себе является весьма сложной и затратной процедурой, даже если необходимее программное обеспечение уже имеется на рынке. Позволить себе такое могут только крупные и успешные предприятия, которых в нашей стране далеко не так много, как хотелось бы. Поэтому остается использовать чисто логический подход, надеясь на достаточно высокую вероятность его обоснованности. В этом случае в качестве первого шага к «экологизации» производства в нашей стране нужно принять экологическую маркировку (ЭМк). Поскольку в ее основе тоже лежит оценка жизненного цикла продукции, но, по сути, нет кардинальных управленческих решений, ЭМк представляется идеальной составной частью в СЭМ. Она включает и такие элементы, как предварительный и предсертификационный экологи-

ческий аудит, разработку программы и плана, возможность их корректировки и т. п. Экологическая маркировка касается продукции, поэтому ее можно внедрять поэтапно, начав, например, с той, которая ориентирована на экспорт. При этом целесообразно использовать методики, используемые в концепции ЧП (БЧП).

На момент принятия решения продукции, которая должна соответствовать требованиям маркировки, не существует, т. е. она является виртуальной. По сути, нужно разработать программу трансформации реально выпускаемого продукта в виртуальный, имеющий конкурентные преимущества. При этом возможны несколько случаев, которые зависят от самого продукта и/или технологии его производства.

- Продукт уникальный, не имеет аналогов в мире и предназначен для применения в неиспользуемой ранее области. Его нужно «раскручивать» с нуля, и любой известный бренд в данном случае позволит сэкономить серьезные средства. Параметры воздействия на окружающую среду можно закладывать по минимуму, т. е. на уровне действующих национальных стандартов, если продукт предназначен для «внутреннего» пользования, и на уровне мировых, если для мирового рынка. При этом надо иметь в виду, что впоследствии тем, кто будет осваивать аналогичную продукцию сравнивать параметры придется с заявленными ранее.

- Продукт выпускается взамен существующего который не имеет ЭМк. Это самый удобный вариант, когда конкурентные преимущества можно планировать с минимальными затратами и с максимальной эффективностью использовать обсуждаемый бренд.

- Продукт выпускается взамен существующего, который уже имеет ЭМк. В этом случае придется добиваться лучших параметров, чем у аналога, и в рекламной кампании использовать примерно такой лозунг: «У нашего продукта такой же (аналогичный) экологический знак, как и у производителя N но в процессе его производства негативное воздействие на окружающую среду ниже на X %». Подобный эффект может быть достигнут за счет улучшения технологии или используемых аппаратов, внедрении рециклинга и т. д.

Тем не менее, выбор подхода к реализации первого шага остается достаточно вольным. Например, ничего не мешает при подготовке к ЭМк использовать принципы ЧП и параллельно разрабатывать и внедрять малозатратные мероприятия организационно-управленческого характера, применяемые в системе экологического менеджмента, или установить в качестве главной цели стратегического менеджмента достижение факторов 4/10.

Если предприятие не может по каким-то причинам использовать параллельную схему, остается последовательная: ЭМк продукции – СЭМ отдельных производств – СЭМ предприятия в целом. Очевидно, что в данном случае большая часть работ по внедрению СЭМ сведется к интегрированию

комплекса мероприятий организационно-управленческого характера в существующую систему ЭМк.

В целом можно считать, что *инженерно-технические мероприятия относятся непосредственно к «экологизации» производства, а организационно-управленческие – к «экологизации» мышления.*

Таким образом выяснилось, что для получения максимального конкурентного преимущества за счет внедрения системы экологической сертификации нужно планировать выпуск виртуальной продукции к виртуальном предприятии. Таким образом, общая задача такова: разработать проект продукции, свойства и производство которого должны стремиться к характеристикам идеального продукта и иметь для этого потенциальные возможности.

Предлагаемый подход может использоваться в качестве промежуточной ступени при реализации концепции «Ноль отходов», которая предполагает максимальное использование материалов в системе из двух циклов: биологического и технического. Первый включает так называемые «биологические питательные вещества», т.е. биоразлагаемые материалы. Их можно безопасно вернуть в окружающую среду после потери потребительских свойств для восстановления плодородия почв. Второй – это материалы, которые полностью пригодны для повторного использования. Они проектируются таким образом, что в системах с замкнутым контуром могут оставаться на протяжении всего жизненного цикла.

Главным препятствием для осуществления «реиндустриализации» производства является привычка политики безграничного потребления ресурсов и традиционной системы мышления. До сих пор 95-97% средств, расходовемых на охрану природы, тратятся на борьбу со стоками, отходами, выбросами при неизменных основных технологиях. Переход к созданию и проведению экологически чистых видов деятельности непривычен для подавляющего большинства населения и специалистов. Поэтому-то невозможно радикальное изменение экологической ситуации без опережающего изменения мышления людей, без перестройки их психологии, без преодоления естественного внутреннего сопротивления новым подходам к взаимоотношению с природой.

Условия, необходимые для реализации политики экоразвития:

- 1) Наличие глубоко проработанной единой государственной экологической политики, подкрепленной долгосрочной стратегической программой;
- 2) Наличие проработанного законодательства в области природопользования и охраны окружающей среды;
- 3) достаточное финансовое и материальное обеспечение;
- 4) Участие населения в процессе выработки и принятия решений по наиболее важным практическим задачам экоразвития;
- 5) Научно-методическая, информационная и нормативная обеспеченность территориальных эколого-экономических программ;

6) Правильная кадровая политика, при которой доступ к власти и управлением природопользованием определяется профессионализмом и компетентностью;

7) Международное сотрудничество и поддержка.

Внедрение экологической политики и переход к экологически чистой деятельности необходим на каждом рабочем месте, для каждого человека. Рост нашей технической вооруженности значительно увеличивает экологическую опасность, но одновременно порождает излишнюю веру в собственное всеисилие.

Новая ситуация требует от каждого почувствовать личную ответственность за судьбу природы и лично и активно участвовать в борьбе против экологического кризиса.

В материалах Европейской экономической комиссии ООН и Декларации о малоотходной и безотходной технологии, принятой в 1979 г. на совещании по общеевропейскому сотрудничеству в области охраны окружающей среды, малоотходная и безотходная технология определяется как практическое применение знаний, методов и средств для того, чтобы в рамках потребностей человека обеспечить наиболее рациональное использование природных ресурсов и защитить окружающую среду. Из определения следует, что малоотходная технология решает двуединую задачу: эффективного использования природного сырья и продуктов его переработки, с одной стороны, и охраны окружающей среды от различного рода загрязнений, отходов - с другой.

Цель развития малоотходных и ресурсосберегающих технологий - создание *замкнутых технологических циклов* с полным использованием поступающего сырья и отходов. Это попытка воспроизвести природные циклы, так как биосфера является закрытой системой, где все элементы взаимосвязаны и обуславливают друг друга. Современная техногенная экономика является открытой системой, где получение относительно небольшого конечного продукта требует огромных затрат ресурсов и сопровождается большими отходами. По отношению к общему объему отчуждаемого природного вещества конечный продукт сейчас составляет всего 2-4%, а остальная часть идет в отходы (пустая порода, шлаки, стоки и т.д.).

Человечество знает относительно замкнутые экономические системы. Это сельское хозяйство, а точнее, натуральное сельское хозяйство, где количество отходов минимально. Система «земледелие - животноводство» утилизирует отходы внутри себя: земледелие дает животноводству корма, а также отходы переработки зерна, подсолнуха, сахарной свеклы и других культур; в свою очередь животноводство обеспечивает земледелие чрезвычайно полезными для плодородия органическими удобрениями. В результате создается более или менее замкнутый кругооборот веществ.

Поэтапная трансформация традиционных технологий в малоотходные и ресурсосберегающие позволит постепенно перейти от открытых производственных систем со свободным входом ресурсов и выходом отходов к полукрытым с частичным использованием извлекаемых материалов и очисткой отходов, а затем и к системам закрытого типа с полной переработкой и утилизацией всех поступающих ресурсов и отходов и прекращением загрязнения последними окружающей среды. Такая трансформация меняет сам технологический принцип. Сейчас в большинстве технологий происходит борьба с загрязнениями и отходами практически уже на последнем технологическом этапе: фильтры, очистные сооружения и пр. (прямые природоохранные мероприятия). В английском языке такие технологии образно называют «технологиями конца трубы» (end-of-pipe technology). В отличие от них малоотходные технологии создают новые циклы, связи внутри самого технологического процесса.

Решающее значение для подобной технологической трансформации имеет научно-технический прогресс. Только на основе его достижений можно обеспечить переход от традиционных ресурсоемких технологий к ресурсосберегающим малоотходным и безотходным технологиям.

Постепенный переход к комплексам малоотходного и ресурсосберегающего производства, «комплексирование производства» позволяют значительно снизить нагрузку на окружающую среду, особенно на региональном уровне. Современные технологии, заменяя устаревшие и природоемкие, дают возможность существенно уменьшить количество разрабатываемых месторождений, сохранить для будущих поколений запасы почерпаемых, невозобновимых природных ресурсов. О гигантском потенциале малоотходных технологий говорят такие цифры: сейчас из-за несовершенства технологий добычи в земле остается до 70% нефти, 30% угля, 20% железной руды и т.д.

Перспективным подходом к формированию малоотходных систем производства могут стать территориально-производственные комплексы с их широкими возможностями по обмену сопряженной продукцией и отходами, замкнутостью отдельных производственных циклов. В настоящее время на территории России перспективен в этом отношении ряд комплексов, среди крупнейших из них Урало-Кузнецкий, Канско-Ачинский, базирующийся на крупнейших запасах бурых углей, Западно-Сибирский, основой которого является нефтегазовая промышленность Тюмени, и др.

В русле этого направления находятся и меры по реконструкции предприятий. Замена физически и морально устаревшего оборудования на новое, более прогрессивное позволяет получить существенную экономию многих видов ресурсов, инвестиций, повысить качество продукции и т.д.

Например: снижение отрицательного влияния ТЭС на водоемы осуществляются следующими основными путями: очисткой сточных вод перед их сбросом в водоемы, организацией надлежащего контроля; уменьшением ко-

личества сточных вод вплоть до создания (в перспективе) практически бессточных электростанций; использованием сточных вод в цикле самой ТЭС; усовершенствованием технологии ТЭС; комплексным использованием тепловых ресурсов ТЭС.

Методы очистки сточных вод, нашедшие применение на различных энергетических установках, станциях и теплоцентралях, подразделяются на механические, физико-химические, химические и биологические.

Для снижения сбросов от химических промывок используют, например, замену воды паром или паровоздушной смесью, применяют аппараты для удаления грубодисперсных и коллоидных примесей (электромагнитные фильтры) и растворенных примесей (ионные фильтры), защиту от коррозии поверхности нагрева специальными методами обработки металла.

Основным способом уменьшения сброса вод из золоотвалов является перевод систем гидрозолоулавливания на оборотный цикл, когда осветленная на золоотвале вода возвращается на электростанцию для повторного использования (В. В. Жабо, 1992 г.). В настоящее время 111 из 120 газомазутных ТЭС мощностью более 100 МВт каждая оборудованы системой нейтрализации обмывочных вод регенеративных воздухоподогревателей и извлечения ванадийсодержащего шлака; установки по очистке нефтесодержащих стоков имеют 196 станций. Однако указанные системы не всегда в полной мере используются.

Очень перспективны мероприятия по комплексному использованию огромных тепловых ресурсов, имеющих на тепловых электростанциях. Их реализация привела к созданию во многих странах крупных энергокомплексов (рис. 3.5).

Комбинирование и кооперация производств

Любая отрасль возникает и функционирует в соответствии с законом разделения и обобщения труда. Сам закон конкретно проявляется в сфере производства через такие формы как – специализация, кооперация и комбинирование производств. Каждая из них самостоятельная форма организации производства, хотя они тесно взаимосвязаны и взаимообусловлены.

Комбинирование – это одна из форм обобщения производства, заключающаяся в технологическом сочетании взаимосвязанных разнородных производств в одной или различных отраслях промышленности в рамках одного предприятия – комбината. Комбинирование тесно объединяет разноотраслевые, но технологически взаимосвязанные производства.

Специализированное производство в меру экономической целесообразности нормирует новые отрасли, профилирующиеся на изготовлении и отдельных деталей, узлов и стадий общего готового продукта. А это предполагает возникновение специфических кооперированных связей между ними

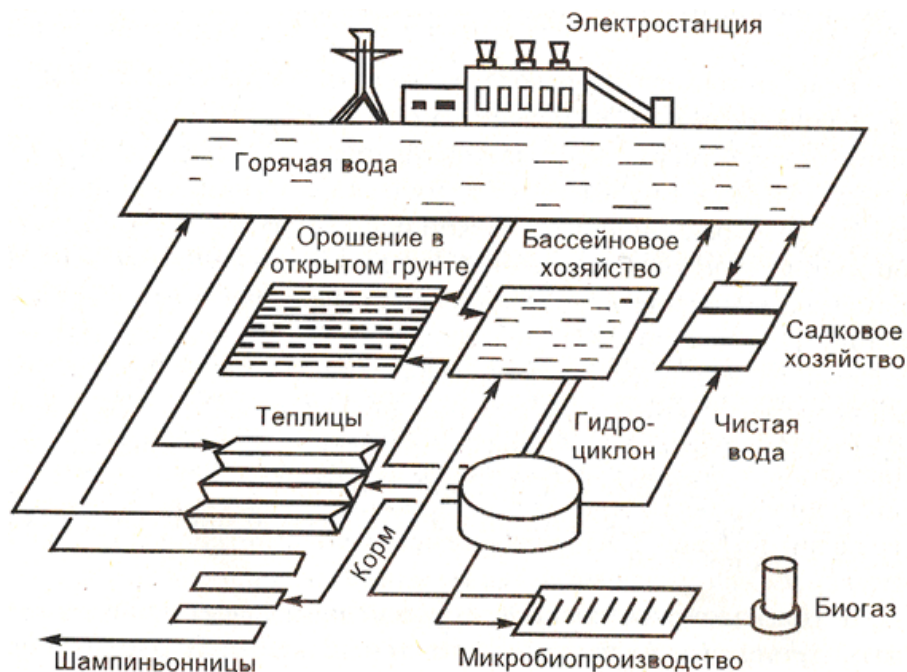


Рисунок 3.5 - Энерго-продовольственный комплекс на базе ТЭС

для сборки и окончательного изготовления продукта годного к самостоятельному потреблению. Это порождает кооперирование производства как выражение обобществления труда. Наиболее развитые современные комбинаты основаны на использовании сырья. Такое комбинирование позволяет полнее перерабатывать сырьевые ресурсы, рационально использовать все его составные части. Например, комбинированным является завод сухого обезжиренного молока, готовой продукцией которого является не только сухое обезжиренное молоко, но и цельные молочные продукты, такие как масло, сметана.

При комбинировании производств улучшаются экономические показатели, примерно на 20-40% снижаются капиталовложения, на 15-20% эксплуатационные расходы. В основном комбинирование производств осуществляется на основе комплексного использования не только сырья, но и энергоресурсов. При этом снижается потребление энергии, сырьевых компонентов и образование отходов.

Кооперирование – процесс установления прямых, длительных хозяйственных связей между предприятиями по совместному изготовлению конечного продукта, при этом сохраняя свою самостоятельность. Принято выделять два основных вида:

- кооперирование органически связанное со специализацией и непосредственно вытекающее из нее;

– кооперирование на коммерческой основе.

К первому виду кооперирования можно отнести предприятие по производству молочной продукции. Этому виду свойственно наличие техносвязей между предприятиями с развитой низовой сетью. Возвращаясь к рассматриваемому примеру, это промежуточные звенья между молочными фермами и молокоперерабатывающими предприятиями (приемно-охладительные пункты, придорожные молочные заводы, на которых могут быть организованы цеха по производству ассортимента цельных молочных продуктов, таких как сметана, творог и т.п.). Эта продукция в виде готовых продуктов предназначалась для местного населения или торговой сети городов и в виде полуфабрикатов отгружалась на комбинаты.

Второй вид кооперирования выражается в форме межотраслевого кооперирования предприятий на базе совместной эксплуатации энергооборудования, подъездных путей, очистных сооружений и других вспомогательных служб.

Кооперирование позволяет снизить удельные капиталовложения больше чем на 30%, повысить производительность труда на 20%, снизить производственные расходы на 8-10%. В основном межотраслевую кооперацию производств осуществляют на основе переработки и утилизации отходов и вторичных ресурсов.

Промышленный симбиоз Калундборга. Из биологии: «Симбиоз есть любая, но обязательно взаимовыгодная, взаимосвязь непохожих друг на друга организмов». Бережное, даже какое-то трепетное отношение к окружающей среде особенно наглядно проявляется в удивительно продуманном и гармоничном межкорпоративном индустриальном проекте, к которому компания «Ново Нордиск» имеет самое непосредственное отношение. Промышленный симбиоз строится на вполне прагматичном принципе: потреблять как можно меньше естественных ресурсов и использовать отходы одного производства как сырье для другого. Рабочей площадкой для его воплощения стал округ Калундборг, расположенный в 100 км от Копенгагена, с населением в 20000 человек. И на практике выглядит, как сетевое сотрудничество между муниципалитетом и пятью промышленными предприятиями. В эту сеть входят электростанция Аснэс, производитель гипсо-картона компания «Гипрос А/С», фармацевтическая и биотехнологическая компания «Ново Нордиск А/С», компания «А/С Биотекник Йордренс», занятая в сфере обогащения почв, и нефтеперегонный завод «Статойл». Все функционирует предельно просто и четко.

Электростанция производит тепло для города и отправляет избыточный пар на нефтеперегонный завод и для производственных мощностей компании «Ново Нордиск». Завод использует этот пар для нагревания нефтяных цистерн и нефтепроводов, а «Ново Нордиск» - для теплоснабжения и процесса стерилизации. «Вечногорящий» факел сопутствующего газа, бич всех нефтеперегонных заводов, фирма «Статойл» зажигает только по ночам. Днем

побочный газ подается в качестве топлива на электростанцию, в компанию «Гипрос А/С», а также используется для собственных внутренних нужд.

В свою очередь при электростанции существует завод, где из топочного газа удаляют сернистый ангидрид, из которого производят около 170 000 тонн гипса в год. Не пропадает даже пепел, который образуется при сгорании газа. Его утилизируют и используют для производства цемента.

Подсчитано, что компании, участвующие в калундборгском промышленном симбиозе, на 25% меньше, чем прежде, потребляют воды и на 20 000 тонн нефти. Некоторое количество пара, поступающего с электростанции, используется для подогрева воды в озерах в рыбоводческих хозяйствах, которые производят 200 тонн форели в год.

Кроме того, предприятия, участвующие в симбиозе, стремятся повторно использовать воду, задействованную в производстве. А оставшийся после многократной очистки воды ил используется как питательное вещество для биологического обогащения почв. Свою лепту в улучшение плодородия земель вносит и «Ново Нордиск». Когда в процессе переработки сырья выделяются кристаллы инсулина, в осадок выпадает питательнейшая биомасса. Раньше она смешивалась с отработанной водой и спускалась в море. Сегодня - аккуратно закатывается в бочки или транспортируется цистернами в Северную Зеландию для местных фермеров, которые используют её в качестве удобрения для своих полей. Другой побочный продукт производства инсулина, «бульон из дрожжей» - оказался прекрасным кормом для фермерских свиней.

По твердому убеждению нынешнего руководства компании «Ново Нордиск», современный фармацевтический бизнес не может ограничиваться развитием современных биотехнологий и производством высококачественной продукции. Поэтому деятельность компании оценивается в соответствии с концепцией «развития без разрушения», которая представляет собой не что иное, как триединство социальных, экологических и финансовых показателей.

Список используемой литературы

- 1 Мазур, И.И. Курс инженерной экологии: учеб. для ВУЗов/ И.И.Мазур. – М.: Высшая школа, 1999. – 447 с., ил.
- 2 Голицын, А.Н. Основы промышленной экологии: учеб. для проф. Образования / А.Н.Голицын. – М.: - ИРПО Академия, 2002. – 240 с
- 3 Калыгин, П.Э. Промышленная экология: учеб. для студ. ВУЗов / П.Э.Калыгин. – М.: Академия, 2004. – 432 с.
- 4 Николадзе, Г.И. Водоснабжение: учеб. для техникумов. – 3 –е изд., перераб.и доп. – М.: Стройиздат, 1989. – 496 с., ил.
- 5 Аксенов, В.И. Локальные замкнутые системы водопользования промышленных предприятий / В.И.Аксенов //Экология и промышленность России – 2005. – март. – с.48.

6 Яковлев, С.В. Водоотводящие системы промышленных предприятий: учеб для ВУЗов / С.В. Яковлев. – М.: Стройиздат, 1990. – 486 с., : ил.

7 Алферова, Л.А. Замкнутые системы водного хозяйства промышленных предприятий, комплексов и районов /под. Общ. Ред. С.В.Яковлева. – М.: Стройиздат, 1984. – 272 с., ил. – (Охрана окружающей природной среды).

8. Акимова Т.А., Хаскин В.В. Экология – М.: ЮНИТИ, 1998

9. Мазур И.И., Молдованов О.И., Шишов В.Н. Инженерная экология. Общий курс. В 2-х т. – М.: Высшая школа, 1996

10. С.М.Ибатулина, У.Г.Ибатулин Этапы экологической «реиндустриализации», с какого начать? – Экология промышленного производства, 1/2006

11. В.М. Чижикова, В.В.Волковинский Устойчивое развитие и экологическая сертификация – Экология и промышленность России, №8, 1998

12. С.А. Пегов Устойчивое развитие в условиях глобальных изменений – Вестник Российской Академии Наук, №12, 2004

4. ВЫБРОСЫ ОБЪЕКТОВ ТЕХНОСФЕРЫ В АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ, ЗОНЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ, СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ ОТ ВЫБРОСОВ

Техногенные источники загрязнения атмосферы

В настоящее время основное количество энергии получают за счет сжигания или переработки природного углеродсодержащего топлива (табл. 4.1).

Таблица 4.1

Использование различных энергоресурсов в мире (А.Н. Кононов, 2001 г.)

Страна	Уголь	Нефть	Газ	Ядерная энергия	Гидро-энергия	Энергия ветра	Солнечная энергия
Канада	15	3	6	18	61	3	3
Швеция	2	2	–	43	51	1	1
Швейцария	–	2	–	39	59	–	–
США	54	3	13	19	8	3	3
Германия	57	2	7	29	4	1	1
Великобритания	52	7	11	28	2	2	2
Китай	74	8	–	–	18	–	–
Россия	16	8	46	13*	17	0,003	0,001
Франция	5	1	1	79	14	–	–
Италия	9	52	18	–	19	2	2
Ю. Корея	17	27	9	43	4	–	–
Тайвань	23	21	3	34	9	–	–
Япония	12	22	23	32	9	2	2
Весь мир	40	10	14	17	17	1	1

*– 16,7 % в 2005 г.

Естественно, что каждая страна старается использовать те ресурсы, которыми она обладает. Это легко обнаружить по проценту использования каждого вида.

Считается, что качество жизни напрямую связано с потреблением энергии на душу населения. Сейчас на каждого жителя Земли приходится чуть больше 2 кВт·ч в день при норме 10 кВт·ч. В промышленно развитых странах этот показатель в 14 раз выше, чем в развивающихся странах. Например, в Норвегии потребляется 25 тыс. кВт·ч, Италии – 3 тыс., а в Бангладеш – всего 46 кВт·ч на душу населения в год.

Россия является крупнейшим в мире производителем топливно-энергетических ресурсов: около 17 % нефти, 25 % газа, 15 % каменного угля

от добываемых в мире (Э.В. Гирусов и др., 2000 г.). В то же время на фоне постоянного увеличения экспорта энергоресурсов (прежде всего газа и нефти) рост промышленности в стране наталкивается на нехватку электроэнергии.

Обращает на себя внимание, что в США неуклонно возрастает доля угля (12,5 % в 1970 г.), падает нефти (с 45 %), заметно снижается доля газа (с 35,6 % в 1970 г.). В России же иная тенденция: несмотря на большие запасы угля (крупнейшие в мире) произошло (за этот же срок) снижение его доли с 40 до 16 %, доля газа повысилась с 22 до 46 %, нефти – тоже несколько увеличилась. Таким образом, в России быстрее выгорают те виды энергоресурсов, запасы которых истощатся быстрее (табл. 4.2). Добавим к этому, что нефть и газ – основные виды сырья для синтеза важных для экономики страны материалов.

На территории России сосредоточено 45 % мировых запасов природного газа, 12 % нефти, 23 % угля и 14 % урана. Исключительна, важна роль топливно-энергетических комплексов (ТЭК) в современной российской экономике. Его доля в промышленном производстве составляет около 30 %, в экспорте – почти 50 %, а доля в налоговых отчислениях в бюджет – более 40 %. Суммарная мощность 440 электростанций России составляет более 197 млн. кВт, а общая установленная мощность – 214,3 млн. кВт (Российский статистический ежегодник, 2000 г.).

Топливо – это горючее вещество, выделяющее при окислении (сжигании) тепловую энергию, используемую в дальнейшем непосредственно в технологических процессах или преобразуемую в другие виды энергии.

Топлива делятся: 1) по агрегатному состоянию – на твердое (угли, горючие сланцы, торф и др.), жидкое (продукты переработки нефти, углей, сланцев) и газообразное (природные и промышленно-углеводородные газы); 2) по происхождению – на природные и искусственные.

Твердое топливо применяется преимущественно для получения тепловой и электроэнергии; жидкое – в двигателях внутреннего сгорания, в корабельных (судовых) и стационарных котельных установках (мазуты флотские и топочные); газообразное – главным образом в промышленности и коммунально-бытовом хозяйстве (табл. 4.2). К основным видам природного топлива относятся ископаемый уголь, торф, нефть, дрова и природный газ.

К искусственным топливам относятся: кокс доменных печей, искусственные горючие газы, моторное топливо и др.

Одинаковые количества топлива дают при сжигании различные количества теплоты. Поэтому для оценки качеств топлива определяют его **теплотворную способность**, т. е. количество теплоты, выделяющейся при полном сгорании 1 кг топлива. Энергопотребление в целом и его составляющие принято выражать в тоннах условного топлива (ТУТ). Под условным топливом понимают горючее с теплотворной способностью 7000 ккал/кг или $3 \cdot 10^4$ кДж/кг, или 8,12 кВт·ч/кг.

Таблица 4.2

Состав и теплотворная способность некоторых видов топлива

Виды топлива	Элементный состав, % масс.				Средняя теплотворная способность, кДж/кг
	С	Н	О + N	S	
Антрацит	96-98	1-2	1-2	0,5-7	33 890
Каменный уголь	75-90	4,5-5,5	4-15	0,6-6	35 146
Бурый уголь	62-72	4,4-6,2	18-27	0,5-6	28 030
Нефть	83-86	11-13	1-3	0,2-4	43 930
Торф сухой	53-62	5,2-6,2	32-37	0,1-0,3	22 590
Древесина	50	6	44	-0	18 750
Природный газ	75	25		~0	50 000

В связи с постепенным истощением запасов нефти и угля, а также усилением загрязнения среды обитания вредными продуктами сгорания развернуты работы по поиску и применению **альтернативного топлива**.

Альтернативное топливо получают в основном из сырья нефтяного происхождения и применяют в целях сокращения потребления нефти и традиционных нефтепродуктов, например, бензина.

Основными видами такого топлива являются: 1) сжиженные и компримированные горючие газы; 2) спирты, продукты их переработки и смеси с бензином; 3) топливные смеси; 4) искусственное жидкое топливо; 5) водород.

Теплоэнергетика и ее воздействие на природную среду

На производство 1 кВт·ч электроэнергии расходуется 300-400 г угля, крупная ТЭС расходует его в год миллионами тонн. На рис. 4.1 приведен материальный баланс типового блока угольной ТЭС мощностью 2400 МВт.

Наряду с истощением запасов полезных ископаемых невозобновляемая энергетика имеет отрицательные экологические последствия, к основным из которых следует отнести:

- загрязнение природной среды вредными веществами – ксенобиотиками;
- повышенный расход атмосферного кислорода транспортом и энергоустановками;
- тепловое загрязнение среды обитания;
- опасность возникновения техногенных катастроф.

При сжигании углеродсодержащего топлива (угля, нефти, газа и др.) загрязнение окружающей среды неизбежно. Рассмотрим особенности поступления вредных веществ при сгорании различных видов топлива.

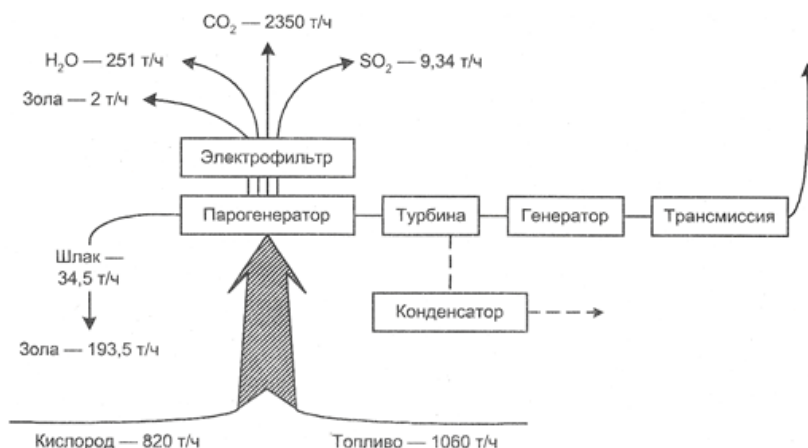


Рисунок 4.1 – Материальный баланс угольной ТЭЦ мощностью 2400 МВт

Таблица 4.3

Выбросы в атмосферу при сжигании топлива, г/кВт·ч (Ларин, 1998 г.)

Загрязнители	Виды топлива			
	каменный уголь	бурый уголь	мазут	природный газ
SO ₂	6	7,7	7,4	0,002
Твердые частицы	1,4	2,4	0,7	0
NO _x	21	3,45	2,45	1,9

Радиоактивность золы приводит к рассеиванию радиоактивных элементов через дымовые трубы и к разному радиоактивной пыли с золоотвалов. При этом наибольшая радиоактивность имеет место у углей Кузбасса, Донбасса и Экибастуза. При сжигании таких углей на ТЭС в выбросах возрастает содержание радия-226 и свинца-210, причем последний накапливается в золе. После сжигания угля концентрация свинца-210 в золе увеличивается в 5-10 раз, а радия-226 – в 3-6 раз.

Теплоэлектростанции, которые используют в качестве топлива мазут, располагают поближе к центрам, нефтеперерабатывающей промышленности. Отдельные ТЭС также расположены в районах добычи нефти (Печорская и Западно-Сибирская нефтегазоносные провинции). В основном мазут на ТЭС используется как вспомогательное топливо и доставляется железной дорогой.

При сжигании нефти образуется достаточно большое количество оксидов серы. Особенно высокую сернистость имеют мазуты, вырабатываемые из нефти Волго-Уральского региона; мазуты, получаемые из нефти сибирских

месторождений, имеют низкую сернистость. Выход оксидов азота при сжигании мазута больше, чем у газа, но меньше, чем у угля.

Твердых частиц при сгорании нефти (мазута) образуется существенно меньше, нежели при использовании углей. Однако при сжигании мазута выделяются оксиды различных элементов: V_2O_5 , NiO , MnO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , SiO_2 , MgO , некоторые из которых относятся к I и II классам опасности (табл. 4.4). Относительно высок выход бенз(а)пирена – чрезвычайно опасного канцерогенного вещества.

Таблица 4.4

Состав золы уноса, образующейся при сжигании мазута

Вещество	Процентное содержание	Класс опасности
V_2O_5	30-36	I
NiO	8-10	I
MoO_2	1	II
PbO_3	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

При использовании жидкого топлива практически отпадает проблема золоотвалов, которые на угольных ТЭС занимают значительные территории и являются источником постоянных загрязнений атмосферы в районе станции, а также близлежащих территорий из-за уноса части золы с ветрами. Однако в последние годы цены на мазут сильно возросли. Кроме того, как говорил Д.И. Менделеев, сжигать нефть все равно, что топить печи ассигнациями. Жидкое топливо широко используется на транспорте, в химической промышленности, в том числе в производстве пластмасс, смазочных материалов, предметов бытовой химии и т. д.

Природный газ – наиболее экологически чистое из традиционных видов топлива: при его сжигании вообще не выбрасывается твердых веществ, выбросы оксидов серы ничтожны (только газ Астраханского и Оренбургского месторождений обладает высокой сернистостью). Оксидов азота при использовании природного газа выбрасывается в 10 раз меньше, чем при сжигании угля и в 1,3 раза – мазута. Именно по этой причине начиная с 80-х годов прошлого столетия на многих ТЭС, находящихся в экологически неблагоприятных местах, наметилась тенденция перевода угля на природный газ.

Помимо перечисленных, при сжигании главных видов топлива выбрасываются и другие весьма вредные вещества (табл. 4.5).

Таблица 4.5

Выход вредных соединений при сжигании топлива в топках котлов
(по Н. С. Касимову, А. С. Курбатовой, В. Н. Башкину, 2004 г.)

Вредные соединения	Выход вредных соединений, кг/тут		
	нефть, мазут, Q = 10000 ккал/кг	уголь, Q = 7000 ккал/кг	природный или промышленный газ Q = 9000 ккал/кг
Диоксид серы SO ₂	14	20	0,39
Триоксид серы SO ₃	0,7	1	0,031
Сероводород H ₂ S	< 0,7	< 1	0,08
Оксид азота NO _x	4,9	4	6,55
Синильная кислота HCN	< 0,7	< 1	0
Аммиак NH ₃	0,7	1	0,28
Соляная кислота HCl	< 0,7	1	0,28
Формальдегид	0,7	1	0,85
Органические вещества	3,5	10	1,37
Кислоты в пересчете на уксусную	10,5	15	1,25
Пыль	0,7	100	0,08
Фтористые соединения	0	0,2	0

Будучи одним из самых наиболее важных в российской экономике, энергетический сектор в то же время является крупнейшим загрязнителем окружающей среды. Предприятия ТЭКа выбрасывают в атмосферу почти половину всех вредных веществ, электроэнергетика занимает первое место среди всех отраслей хозяйственного комплекса страны по объему загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферный воздух от стационарных источников, и до 70 % общего объема парниковых газов. При этом важно подчеркнуть, что объекты теплоэнергетики размещаются, как правило, либо в городах, либо поблизости, что усиливает отрицательное действие их выбросов.

В то же время в абсолютном выражении выбросы энергетики в последнее десятилетие постепенно уменьшаются. Обвальная остановка объектов промышленности в 1991 – 1995 гг. и соответственно снижение выработки электроэнергии привели в свою очередь к адекватному (в среднем на 600-800 тыс. т. в год) падению валовых выбросов вредных веществ. Ныне оно сменилось плавным (около 300 тыс. т. в год) снижением, что объясняется, с одной стороны, постепенным выходом промышленности из кризиса, а с другой, –

изменением топливного баланса, и, прежде всего, переходом на природный газ. Это обусловило сокращение удельных и валовых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. Например, в 2000 г. валовые выбросы объектами электроэнергетики сократились до 3857,27 тыс. т. (на 9,4 %), несмотря на рост выработки электроэнергии на 2,3 % (Российский статистический ежегодник, 2001 г.).

Любопытные расчеты, заставляющие о многом задуматься, сделаны профессором А.М. Алпатовым (1983 г.). Их результаты приведены в табл. 4.6.

Таблица 4.6

Выделение металлов при сгорании углеродного топлива

Металл	Мировое производство, тыс. т/год	Поступления от сжигания топлива, тыс. т/год
Мышьяк	40	255
Уран	30	204
Никель	400	357
Кобальт	13	153
Свинец	2800	51
Кадмий	13	2,6
Серебро	8	1

Видно, что по выбросу ряда токсичных металлов (мышьяк, уран, кобальт, кадмий) теплоэнергетика далеко опередила мировое производство.

ТЭС и парниковый эффект. По данным академика Л.А. Мелентьева, кпд ТЭС, которые дают почти три четверти электроэнергии страны, не превышает в среднем 36 %. У потребителя теряется еще не менее 25 % конечной энергии. Следовательно, сегодня полезно расходуется лишь около одной пятой энергии, заложенной в природных энергетических ресурсах. Таким образом, при получении одной полезной (работающей) калории тепла 3-4 калории тепла сбрасывается в окружающую среду с водой или воздухом, охлаждающим аппаратуру электростанций. Например, только с дымовыми газами, поступающими в атмосферу, уходит до 10 % энергии, заключенной в исходном топливе. Поэтому часть энергии тепловых электростанций добавляется к теплу, обусловленному солнечной радиацией, и вносит заметный вклад в тепловое загрязнение планеты. Согласно расчетам отечественных и американских геофизиков, безопасный предел использования добавляющей энергии составляет около 0,1 % от солнечной энергии, приходящей на Землю, т. е. это четкий экологический предел роста добавляющей энергетики, развития традиционных видов ее производства.

Ранее указывалось, что одним из важнейших парниковых газов является диоксид углерода. При сжигании 1 т. чистого углерода в атмосферу по-

стует почти 3,7 т. CO_2 . В конце ХТХ в. содержание CO_2 составило 0,029 % от общего объема атмосферы. В последние сто лет за счет сжигания топлива в атмосферу поступило свыше 400 млрд. т. CO_2 . По масштабам продуцируемого CO_2 процесс сведения лесов и сжигания топлива примерно равны. Все это вместе взятое привело к тому, что поступление диоксида углерода в атмосферу стало превышать его потребление растениями. В целом концентрация CO_2 в атмосфере увеличилась за последнее столетие на 15 %. Среднегодовой прирост за последнее десятилетие составляет около 1,3 %, или почти 300 млн. т. в год. Особенно быстро растет концентрация CO_2 в атмосфере крупных городов.

Истощение планетарного кислорода. Увеличение сжигания топлива сопровождается все большим расходом кислорода. До середины XIX в. его содержание в атмосфере оставалось более или менее постоянным. Поглощение кислорода в естественных окислительных процессах компенсировалось фотосинтезом. Поглощая из воздуха 55 млрд. т. кислорода, Мировой океан выделяет в атмосферу 61 млрд. т. В результате воздушная оболочка Земли получает ежегодно из океана 6 млрд. т. кислорода. Ныне этот баланс нарушен главным образом процессами сжигания топлива. Особенно много кислорода потребляют развитые промышленные страны. США, где проживает лишь 5 % населения мира, потребляют свыше 30% общемирового производства энергии. В результате такого энергетического изобилия в США расходуется больше кислорода, чем его производит растительность страны. Таким образом, уровень общего благосостояния этой ведущей индустриальной державы строится, в конечном итоге, в значительной мере на потреблении кислорода, продуцируемого вне территории США. За весь период человеческой деятельности безвозвратно израсходовано на процессы горения 273 млрд. т. кислорода, в том числе за последние 50 лет – 246 млрд. т. Однако это пока не привело к заметному уменьшению концентрации кислорода в атмосфере. Но если основным источником энергии по-прежнему будет служить ископаемое топливо, проблема кислородного голодания может обостриться ко второй половине XXI в.

При соединении оксидов серы с водой из воздуха образуются капельки серной и сернистой кислот. Их растворы могут долгое время держаться в воздухе в виде плавающих капелек тумана или выпадать вместе с дождем и снегом (табл. 4.7).

Кислотные дожди и туманы разъедают металлы, краски, синтетические соединения, ткани, сокращают сроки и ухудшают условия хранения продуктов питания, подкисляют водоемы и почвы и т. д. Наибольшую опасность кислотные дожди представляют для индустриальных стран. Однако посредством трансграничных переносов они достигают и соседних государств.

Таблица 4.7

Выбросы диоксида серы/серной кислоты при сжигании ископаемого топлива, млн. т.

Регионы / Годы	1980	1990	1995	2000	2010 (прогноз)
Европа	59/88	42/63	31/51	26/39	18/27
США	24/36	20/30	16/24	15/22	14/21
Азия	15/22	34/51	40/60	53/79	79/118

В то же время, по мнению ученых, диоксид серы, поступающий в атмосферу, является своего рода глобальным фактором, в определенной степени компенсирующим парниковый эффект. Диоксид серы, превращающийся после химических преобразований в ядра конденсации, способствует повышению тем самым плотности и отражательной способности верхней границы облачности, что уменьшает поступление солнечного тепла в атмосферу и, соответственно, понижает ее температуру. Отсюда парадокс: предотвращение попадания в атмосферу кислых газов (SO_2 , NO_x) и соответственно избавление от кислотных дождей и их последствий может привести к углублению парникового эффекта. Все это говорит о сложнейшей взаимосвязанности процессов, происходящих в природе («Все связано со всем!»).

Остро стоит проблема выбросов золы. Зола – окисленные в результате горения пылевидные частицы осадочных пород земли (песок, глинозем и др.), включенные в уголь, содержит разнообразные металлы и естественные радионуклиды. При сжигании угля зола несет в своем составе больше металлов, чем их добывается из недр Земли. Например, магния в 1,5 раза, молибдена – в 3 раза, урана и титана – в 10, алюминия, йода и кобальта – в 15, ртути – в 50 раз, ванадия, стронция, бериллия, циркония – в сотни раз, галлия и германия – в тысячу раз. Даже зола экологически более чистого топлива-мазута – содержит большое количество веществ наиболее опасных классов.

Мощными загрязнителями окружающей среды становятся золошлаковые отвалы и сточные воды ТЭС. Сейчас выход золы и шлака в России на ТЭС превышает 100 млн. т. в год; под золоотвалы отчуждено более 300 км² земель, часто наиболее плодородных. Всего объектами теплоэнергетики в отвалах накоплено 1,2 млрд. т. золошлаков. Многочисленные зол о шлакоотвалы являются источниками загрязнения подземных вод.

Поскольку такие показатели сжигания различных топлив, как зольность, количество диоксида серы и оксидов азота в выбросах могут сильно различаться между собой, в целях сравнения степени вредности для человека выбрасываемых в атмосферу веществ введен суммарный показатель загрязнения атмосферы в баллах. Так, для подмосковного угля он равен 2,02, экибастузского угля – 1,85, березовского угля – 0,50, для сланцев – 3,16, природного газа – 0,04.

Гидроэлектростанции: достоинства и экологические проблемы.

Россия и страны Содружества независимых государств (СНГ) обладают огромными гидроэнергоресурсами, которые оцениваются в 3,94 трлн. кВт·ч/год, из них экономический потенциал составляет 1,09 трлн. кВт·ч/год. К настоящему времени гидропотенциал страны освоен примерно на 20 %.

Для повышения эффективности гидроэнергетики строятся каскады ГЭС. Основу гидроэнергетики страны составляют 40 гидроэлектростанций единичной мощностью 100 МВт и более. Из 12 самых мощных ГЭС мира в России находятся Саяно-Шушенская (6400 МВт) и Красноярская (6000 МВт) на р. Енисее; Братская (4500 МВт) и Усть-Илимская (3840 МВт) нар. Ангаре. В европейской части крупные ГЭС построены на р. Волге: Волгоградская – 2540 МВт, Волжская – 2300 МВт, Чебоксарская – 1370 МВт, Саратовская – 1360 МВт. На долю ГЭС ныне приходится около 17 % общей выработки электроэнергии в стране.

Роль этого вида производства энергии очень велика: выработка электроэнергии на ГЭС обходится относительно дешево; ГЭС незаменимы для моментального покрытия пиковых нагрузок в энергосистемах. Их работа не вызывает химического загрязнения природной среды, водохранилища ГЭС можно использовать для орошения, рыболовства, судоходства, водоснабжения, в рекреационных целях. Гидроузлы ликвидировали во многих районах опасность весенних наводнений. В то же время с эксплуатацией ГЭС связано много сложных экологических проблем.

1. Под водохранилища ГЭС отчуждаются большие площади земель, в т. ч. лучших в сельскохозяйственном отношении. Около 88 % общего числа водохранилищ в нашей стране сооружены в условиях равнин; используемые на ГЭС напоры достигают 15-25 м, а площадь зеркала акваторий – десятки тысяч кв. км. В этих условиях удельная плотность затопления составляет от 5 до 15 км² на каждую тысячу кВт установленной мощности ГЭС. Подготовка ложа водохранилищ будущих ГЭС велась поспешно, с нарушением экологических требований. Из-за того, что полная вырубка лесов ложа могла отодвинуть сроки ввода ГЭС на несколько лет, она была признана нецелесообразной и поэтому не проводилась. Только при строительстве Усть-Илимской ГЭС под водой оказалось более 20 млн. м³ древесины. Через несколько лет эксплуатации наступает расплата за такую «экономия»: из-за загнивания леса водоем становится практически непригодным для живых организмов и для судоходства (появление топляков – полузатопленных бревен), ухудшается качество атмосферного воздуха. На горных реках строительство ГЭС резко снижает перспективы затопления земель.

2. Крупные водохранилища оказывают заметное влияние на локальные климатические условия. Так, в долине Енисея на сотни километров ниже Красноярской ГЭС зимой устанавливаются густые холодные туманы, что вы-

звано сбросом через турбины относительно теплых донных вод водохранилища. На обширных пространствах крупных водоемов нередко возникают сильные ветры, вызывающие волнение воды, штормы, которые затрудняют судоходство и промысловый лов рыбы.

3. На горных реках с крутым падением русла и узкими ущельями накопление больших объемов воды нарушает и без того неустойчивое равновесие блоков земной коры. Как следствие, в районах крупных гидроузлов довольно часты небольшие землетрясения, а иногда происходят и относительно сильные, например, в горах Италии, Индии.

Тревожное положение сложилось с Саяно-Шушенской ГЭС. Паводки 1985 и 1988 годов привели к разрушению части скального основания и конструкции, что в сочетании с ошибочной технологией ремонтов способствовало нарушению пространственного положения плотины. Выводы ведущих институтов страны говорят о том, что в настоящее время Саяно-Шушенская ГЭС находится в практически аварийном состоянии, последствия при потере устойчивости плотины могут быть катастрофическими.

4. Образующиеся водохранилища на равнинных реках существенно замедляют скорость обмена вод. Так, до зарегулирования Волги полный обмен воды в реке осуществлялся за 30-40 дней, а после создания каскада водохранилищ на это требуется в 4-5 раз больше времени. Потому санитарное состояние водоемов ухудшается из-за снижения интенсивности паводков и половодий.

5. Плотины ГЭС преграждают путь на нерест проходным рыбам, резко ухудшают состояние нерестилищ, поскольку снижение скорости воды, способствует заилению. Как следствие, резко уменьшилось количество рыб ценных промысловых пород. Многолетние наблюдения говорят о том, что количество рыбы, уничтожаемой на водозаборах ГЭС, многократно превышает то, что дают все рыбные предприятия страны. По данным Каспийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства, только на водозаборах Астраханской области ежегодно гибнет 14,4 млн. молоди рыб. Для борьбы с указанными явлениями на современных плотинах строятся дорогостоящие рыбопроходы и рыбоподъемники, создаются искусственные нерестилища.

Есть все основания считать, что строительство крупных ГЭС на равнинных реках России не имеет перспективы в отличие от так называемых **малых гидроэлектростанций** (МГЭС). Малые гидроэлектростанции практически не изменяют природные условия, не затопливают большие земельные площади и даже снижают пики половодья, улучшают водообмен и аэрацию. МГЭС, как считают специалисты, могут служить надежным маневренным резервом и промышленных предприятий. На рис. 4.2 представлена схема малой гидроэлектростанции с вертикальной пропеллерной турбиной, рассчитанной на напор воды высотой 10 м. и малые расходы – до 10 м³/с.

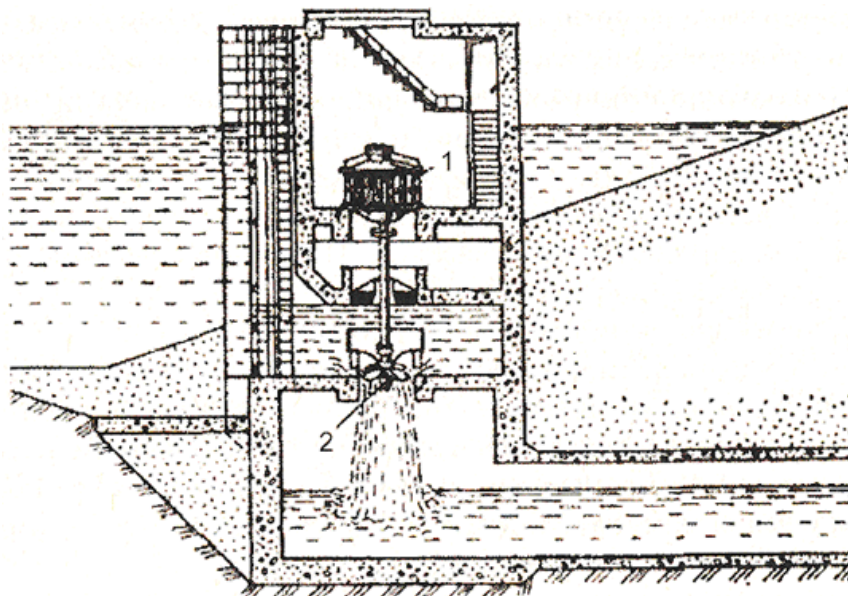


Рисунок 4.2 – Схема МГЭС с вертикальной пропеллерной турбиной: 1 – генератор; 2 – турбина

Небольшие плотины на реках не столько нарушают, сколько оптимизируют гидрологический режим рек и прилежащих территорий. Их можно рассматривать как пример экологически обусловленного природопользования, мягкого вмешательства в природные процессы. Водохранилища, создававшиеся на малых реках, обычно не выходили за пределы русел. Они гасят колебания воды в реках и стабилизируют уровни грунтовых вод под прилежащими пойменными землями. Это благоприятно сказывается на продуктивности и устойчивости как водных, так и пойменных экосистем.

Имеются расчеты, что на мелких и средних (длиной от 10 до 200 км) реках, которых в России более 150 тысяч, можно получать не меньше энергии, чем на современных крупных ГЭС. Созданы турбины, позволяющие получать энергию, используя естественное течение рек без строительства плотин. Такие турбины легко монтируются на реках и при необходимости перемещаются в другие места. Хотя стоимость получаемой на таких установках энергии заметно выше, чем на крупных ГЭС, ТЭС или АЭС, но высокая экологичность делает целесообразным ее выработку.

Достоинства ядерной энергетики

Как известно, в атомной энергетике развиваются два направления получения энергии: 1) деление атомных ядер тяжелых элементов (**ядерная энергетика**), 2) синтез ядер легких элементов (**термоядерная энергетика**).

Доля ядерной энергии в общем объеме вырабатываемой энергии многих развитых стран составляет весьма большую величину, особенно во Франции (79 %), Швеции (43 %), Южной Корее (43 %), Японии (32 %). Это, прежде всего страны, бедные традиционными энергоресурсами. В России в настоящее время действует 31 реактор с установленной мощностью более 22 млн. кВт.

Действительно, возможности ядерной энергетики впечатляющи: по энергетической ценности 1000 т. угля или 530 т. мазута эквивалентны 0,33 кг урана на атомных электростанциях (АЭС) и 45 г дейтерия на термоядерных реакторах. Для выработки 1 кВт·ч энергии затрачивается всего $43,8 \cdot 10^{-6}$ г урана-235, а угля 0,3-0,4 кг. Сейчас в мире эксплуатируется свыше 400 блоков АЭС, по данным МАГАТЭ суммарная мощность АЭС к 2000 г. достигла 500 млн. кВт.

Вопреки сложившемуся общественному мнению воздействие самих атомных электростанций на окружающую среду относительно невелико: в атмосферу попадает небольшое количество летучих веществ и аэрозолей (строго нормированное по ПДВ) – это тритий, радиоактивные изотопы ксенона, криптона, йода, осколки деления ядер, продукты активации. Газовые сбросы в атмосферу предварительно очищаются от радионуклидов.

Объемы жидких отходов, образующихся на АЭС, могут достигать 100 тыс. м³/год на энергоблок с реактором РБМК-1000 и 40 тыс. м³/год на энергоблоке с реакторами ВВЭР-440 и ВВЭР-1000. Объем твердых отходов ежегодно достигает на АЭС 2000-3000 м³. Основным видом твердых отходов является отработанное топливо. Ежегодно заменяют примерно 1/3 действующих тепловыделяющих элементов (ТВЭЛов) новыми. Как правило, большая часть твердых и жидких радиоактивных отходов (РАО) хранится в специально оборудованных на станции хранилищах. Но заполненность хранилищ жидкими и твердыми РО высока и уже достигает 83,5 % на Кольской и Белоярской АЭС.

Однако есть причины, в том числе и объективные, заставляющие относиться к ядерной энергетике с осторожностью. Накопленный опыт эксплуатации АЭС с реакторами деления выявил ряд их существенных недостатков.

1. Непрерывное облучение близживущего населения, растений и животных малыми дозами радиации и загрязнение среды радионуклидами.

2. Необходимость длительного хранения на территории АЭС ядерного топлива, а затем переработки и захоронения высокотоксичных РАО.

3. АЭС оказывают сильное тепловое воздействие (тепловое загрязнение биосферы) на окружающую среду, особенно на естественные водоемы. Сброс тепла в окружающую среду от АЭС в 1,5-1,8 раз больше, чем от ТЭС, что объясняется разницей в значениях КПД, равных 30-40 %. Расход воды на охлаждение, например, для одной из крупнейших отечественных тепловых станций – Конаковской ГРЭС составляет 70-90 м³/с (сток таких рек, как Южный Буг). Для мощных АЭС этот расход достигает 180 м³/с. Наибольшую

опасность представляет охлаждающая АЭС вода, сбрасываемая в природные водоемы при температуре 40-45 °С. Такие тепловые сбросы приводят к изменению теплового режима рек и озер и, как следствие, к гибели отдельных водных организмов.

4. Большинство ныне действующих АЭС размещено вблизи крупных городов и около крупных водоемов и рек.

5. На сооружение АЭС требуется затратить до 25 % стоимости электроэнергии, которую АЭС вырабатывает за время своей работы.

6. Продолжительность работы АЭС составляет 40-50 лет, после чего должен быть произведен демонтаж оборудования, зданий, сооружений и подвергнута рекультивации площадка. Подсчитано, что на эти работы необходимо затратить средства, вполне соизмеримые со стоимостью строительства самой атомной электростанции.

Указанные экологические проблемы, связанные с «нормальным» функционированием, не идут ни в какое сравнение с последствиями крупномасштабных аварий на АЭС. Только в экономическом аспекте аварии на АЭС «Три Майл Айленд» США и на Чернобыльской АЭС обернулись десятками миллиардов долларов прямых убытков и, по-видимому, сотнями миллиардов косвенных.

Страх перед подобными катастрофами резко изменил отношение людей к ядерной энергетике, подорвал доверие к надежности АЭС. США, Япония, Великобритания притормозили строительство новых АЭС, другие страны (Швеция, Австрия) отказались от него совсем и даже постепенно закрывают уже действующие. Понятно, что радиофобия в первую очередь затронула население России.

Экологические проблемы транспорта

Транспорт, с помощью которого осуществляется перемещение грузов и пассажиров, играет уникальную роль, связывая все важнейшие сферы материального производства в единую систему хозяйственной деятельности. Ни одна из них не может развиваться без тех или иных видов транспорта.

Густой сетью путей сообщения покрыт земной шар. Протяженность магистральных автомобильных дорог мира с твердым покрытием превышает 12 млн. км, воздушных линий – 5,6 млн. км, железных дорог – 1,5 млн. км, магистральных трубопроводов около 1,1 млн. км, внутренних водных путей – более 600 тыс. км, морские линии составляют многие миллионы километров (Н.И. Иванов, И.М. Фадин, 2002 г.). Для сравнения: окружность Земли по экватору составляет около 40 тыс. км, расстояние от Земли до Луны – около 380 тыс. км.

Несомненны и неоспоримы преимущества, обеспечиваемые обществом развитой транспортной сетью, но функционирование последней сопровождается

ется ярко выраженными и осязаемыми последствиями – отрицательным воздействием транспорта на окружающую среду, прежде всего ее живые компоненты и, конечно, самого человека, создавшего этот транспорт.

По оценке специалистов, в среднем вклад отдельных видов транспортных средств, например, в загрязнение атмосферы, следующий: автомобильный – 85%; морской и речной – 5,3%; воздушный – 3,7%; железнодорожный – 3,5%; сельскохозяйственный – 2,5%.

Развитие различных видов транспорта, особенно автомобильного, широкое развитие автотрасс привели к многократному увеличению прямого и косвенного воздействия транспорта на людей. Обусловленные функционированием транспорта неблагоприятные экологические факторы (вредные газы, шум, вибрация и др.) ныне воздействуют не только на пассажиров, но и на множество людей, которые находятся вне транспортных средств и коммуникаций.

Характерным обстоятельством является то, что одновременно с усилением влияния современного транспорта на природную среду, измененные в результате этого природные факторы весьма заметно и все в большей степени прямо или косвенно воздействуют («мешают») его функционированию. При загрязнении воздуха, когда резко увеличивается густота туманов, прекращается работа аэропортов, замедляется движение на автотрассах. Даже птицы нередко являются причиной гибели летательных аппаратов.

При всем многообразии форм воздействия транспорта на природную среду их источники можно объединить в две основные группы: 1) транспортные коммуникации (автодороги, железные дороги, аэродромы, трубопроводы и т. д.), они воздействуют на природную среду прямо, постоянно и длительно; 2) транспортные средства (автомобили, самолеты, суда и т. д.), которые оказывают кратковременное влияние на природную среду; они вызывают экологические последствия, способные со временем исчезнуть, но могут сохраняться и относительно долго.

Естественно, что для размещения транспортных коммуникаций нужны земля, вода, воздух, подчас огромных площадей и объемов. Подсчитано (Н.Н. Родзевич, 2003 г.), что в США площадь земель, на которых размещены автомагистрали, железные дороги и аэродромы, составляет 10,1 млн. га (101 тыс. км²), а площадь городов – 10,9 млн. га (109 тыс. км²). Автодороги занимают около 2% Великобритании, 6% – Японии и Бельгии. В России протяженность автодорог превысила 0,5 млн. км. Под железные дороги страны отведено около 1 млн. га земли (10 тыс. км²).

Известно, что вдоль автотрасс, железных дорог и выходящих на поверхность нефтегазотрубопроводов земля на большой площади загрязняется соединениями свинца, серы, нефтепродуктами и другими веществами. Особенно опасна придорожная полоса шириной до 200 м по обе стороны вдоль наиболее напряженных магистралей. Замечено, например, что вдоль кольцевой автомагистрали вокруг Москвы быстро погибают посаженные деревья.

Категорически запрещается выращивать сельхозпродукцию вдоль дорог, собирать грибы, ягоды, пасти скот, особенно молочный (известны случаи отравления детей молоком коров, пасшихся вокруг дорог).

Приземный слой воздуха вблизи автодорог загрязнен пылью, состоящей из частиц асфальта, резины, металла, свинца, и другими веществами, часть которых обладает канцерогенным и мутагенным действием. Плохую услугу себе оказывают любители гулять или бегать по обочинам дорог; особенно следует об этом помнить при прогулке с маленькими детьми (например, в низких колясках): наиболее высокие концентрации вредных веществ в слое воздуха ниже 1 м от поверхности.

Фактором ухудшения качества среды обитания стало шумовое воздействие железнодорожных и шоссеиных магистралей, особенно с высокой плотностью движения. Вдоль, например, автомагистралей, на которых частота движения составляет несколько тысяч транспортных единиц в час, шумовое давление достигает 80-85 децибел (дБ), в то время как санитарной нормой являются 55 дБ. Поэтому в ряде стран мира, в том числе и России (Московская кольцевая автодорога) вдоль наиболее оживленных магистралей для защиты населения устанавливают специальные щиты или устраивают придорожные лесополосы.

Неблагоприятное воздействие на людей и других живых организмов оказывают электромагнитные поля, возникающие вдоль магистральных линий электропередач, особенно высоковольтных. Установлено, что у людей возникает головная боль, возрастает утомляемость, слабеет оперативная память, повышается раздражимость, ухудшается деятельность сердечно-сосудистой системы. Многие птицы и насекомые вблизи таких линий теряют ориентацию в пространстве и, налетая на провода, гибнут. В целях защиты людей от опасного воздействия электромагнитного поля высоковольтных линий электропередач (ЛЭП) устанавливают вдоль них санитарно-защитные зоны (СЗЗ). Так, для линий с напряжением 330 кВ ширина такой зоны достигает 20 м по обе стороны, для ЛЭП-500 (500 кВ) – 30 м, ЛЭП-750 (750 кВ) – 60 м. При этом ограничивается число видов сельскохозяйственной продукции, которые можно выращивать для употребления в пищу на территории СЗЗ.

Общий мировой парк автомобилей ныне превышает 800 млн. единиц и быстро приближается к миллиарду. Его рост является одним из немногих показателей развития цивилизации, который заметно опережает прирост населения планеты и даже энергии. Подсчитано, что выставленные бампер к бамперу автомобили (со средней длиной 5 м и шириной 2 м составили бы цепочку длиной более 4 млн. км (сто экваторов Земли и более чем 10-кратное расстояние до Луны), а суммарная площадь, занятая автомобилями, превысила бы 8 тыс. км². Прогнозируется, что при сохранении тенденций роста автомобилей их число к 2015 г. может возрасти до 1,5 млрд. штук.

В автомобильных двигателях внутреннего сгорания в мире ежегодно сжигается более 2 млрд. т нефтяного топлива. При этом коэффициент полезного действия в среднем составляет 23%, остальные 77% уходят на обогрев окружающей среды (Ю.В. Новиков, 1998 г.).

В наиболее развитой автомобильной стране мира США на их производство расходуется пятая часть производимой в стране стали. Таким образом, автомобильная промышленность является одной из наиболее ресурсопотребляющих отраслей экономики. Автомобиль забирает из атмосферного воздуха его самый ценный для живых организмов компонент – кислород, а взамен выбрасывает в него ядовитые выхлопные газы, а также углеводороды (из-за испарения их топливных баков). Так, современный автомобиль для сжигания 1 кг бензина расходует 12 м³ воздуха (~ 2,5 м³ кислорода). Для сравнения: взрослый человек потребляет в сутки 15,5 м³ воздуха, в котором содержится около 3 м³ кислорода. Подсчитано, что автомобильный транспорт США поглощает кислорода существенно больше, чем его генерирует растительность на всей территории страны. В городах, особенно крупных и насыщенных автотранспортом (в одной Москве автомобилями более 2 млн. единиц), кислорода сжигается намного больше, чем потребляет их население.

Везде, где эксплуатируется автомобиль, в воздух поступает большое количество вредных веществ. Согласно исследованиям НИИ нормальной физиологии, в Москве 92-95% загрязнения воздуха дает автомобильный транспорт, а прочие отходы хозяйственной деятельности составляют лишь 7 %. Согласно экспертным оценкам, более чем в 150 городах России именно автотранспорт оказывает преобладающее влияние на загрязнение воздушного бассейна. К их числу относятся курорты и зоны массового отдыха: Сочи, Анапа, Ессентуки, Кисловодск, Нальчик, Пятигорск, Минеральные Воды, а также ряд крупных центров с населением более 500 тыс. человек (Москва, С.-Петербург, Ростов-на-Дону, Воронеж, Краснодар, Пенза, Тюмень и др.). Кстати, Тюменской области принадлежит рекорд выбросов автотранспортом вредных веществ: свыше 1,95 млн. т.

Выхлопные газы двигателей внутреннего сгорания (особенно карбюраторных) содержат огромное количество токсичных соединений – бенз(а)пирена, альдегидов, оксидов азота и углерода и особо опасных соединений свинца (в случае применения этилированного бензина).

Наибольшее количество вредных веществ в составе отработавших газов образуется при неотрегулированной топливной системе автомобиля. Правильная ее регулировка позволяет снизить их количество в 1,5 раза.

Компонентный состав и удельные выбросы загрязняющих веществ зависят от вида потребляемого топлива (табл. 4.8). Из табл. 4.8 видно, что экологически менее опасными являются дизельные двигатели. Несмотря на большой выброс последними оксидов азота и серы, общая масса поступающих в атмосферу загрязняющих веществ с учетом класса их опасности для здоровья оказывается примерно в 2,5 раза меньше.

Таблица 4.8

Состав основных примесей в выбросах автотранспорта (в кг на тонну топлива)

Компонент выбросов	Двигатель	
	бензиновый	дизельный
Оксиды:		
углерода	395,0	9,0
азота	20,0	33,0
серы	1,6	6,0
Углеводороды	34,0	20,0
Альдегиды, органические кислоты	1,4	6,0
Твердые частицы (сажа)	2,0	16,0

Автомобиль загрязняет атмосферный воздух не только токсичными компонентами отработанных газов, парами топлива, но и продуктами износа шин, тормозных накладок. В городские водоемы и почву попадают топливо и масла, моющие средства и грязная вода после мойки, сажа. Наибольший ущерб здоровью наносят машины, стоящие в непосредственной близости от жилых зданий.

Количество выделяемых в окружающую среду вредных веществ зависит от численности и структуры автомобильного парка, а также от технического состояния автомобилей и в первую очередь их двигателей. Так, из-за отсутствия регулировки карбюратора бензинового двигателя внутреннего сгорания выброс оксида углерода может возрасти в 4-5 раз.

На состав отработанных газов двигателя большое влияние оказывает режим работы автомобиля в городских условиях. Низкая скорость движения и частые ее изменения, многократные торможения и разгоны способствуют повышенному выделению вредных веществ.

Автомобиль отрицательно воздействует практически на все составляющие биосферы: атмосферу, водные ресурсы, земельные ресурсы, литосферу и человека. Оценка экологической опасности через ресурсоэнергетические переменные всего цикла жизни автомобиля с момента добычи минеральных ресурсов, нужных для его производства, до рециклирования отходов после окончания его службы показала, что экологическая «стоимость» 1-тонного автомобиля, в котором примерно 2/3 массы составляет металл, равна от 15 до 18 т твердых и от 7 до 8 т жидких отходов, размещаемых в окружающей среде.

Выхлопы от автотранспорта распространяются непосредственно на улицах города вдоль дорог, оказывая непосредственное вредное воздействие на пешеходов, жителей расположенных рядом домов и растительность. Выявлено, что зоны с превышением ПДК по диоксиду азота и оксиду углерода охватывают до 90% городской территории.

Выбросы автотранспорта сильно влияют на течение многих фотохимических процессов, что связано прежде всего с окислением следовых газов, в результате чего такие органические соединения, как метан и другие углеводороды (выбросы автомобильных двигателей) превращаются в диоксид углерода и воду. При этом в условиях избытка окисляемых соединений возможно формирование некоторых промежуточных продуктов, накопление которых приводит к загрязнению атмосферы. Одной из таких проблем является фотохимический смог, с развитием которого связано появление высоких концентраций приземного озона.

Фотохимический смог, инициируемый солнечным светом, представляет собой желтовато-коричневую дымку над городами, уменьшающую видимость, с наличием химических веществ, которые вызывают раздражение дыхательных путей и слезоточивость. Указанный цвет объясняется присутствием диоксида азота NO_2 , а раздражение вызывают озон, алифатические альдегиды и органические нитраты.

Появление фотохимического смога инициируется сочетанием следующих факторов: 1) солнечный свет; 2) оксиды азота NO_x ; 3) углеводороды; 4) температура выше 18°C (при этих значениях реакции происходят достаточно быстро для устойчивого формирования вредных веществ).

В ясные дни солнечная радиация вызывает расщепление молекул диоксида азота с образованием оксида азота и атомарного кислорода; атомарный кислород с молекулярным кислородом дает озон.

В результате продолжающегося явления фотолиза новые массы диоксида азота расщепляются и дают дополнительные количества озона, возникает цепная реакция, и в атмосфере происходит постепенное накопление озона. Ночью процесс образования озона прекращается. При вступлении озона в реакцию с олефинами образуются различные перекиси, которые и составляют характерные для фотохимического тумана продукты окисления (оксиданты).

Автомобили наносят значительный экологический ущерб поверхностным водоемам: часто машины моют в открытых водоемах, ставят их в непосредственной близости от воды. При этом в воду попадают нефтепродукты: бензин, технические масла и т. п. Даже небольшое их количество может резко сократить или полностью ликвидировать способность водоемов к самоочищению, делает большие объемы воды непригодными для питья и хозяйственных целей.

Одним из наиболее опасных параметрических загрязнений окружающей среды является транспортный шум (табл. 4.9): 60-80% шумов, раздражающих человека в жилой застройке, создают транспортные потоки.

Автомобильными двигателями выделяются в воздух городов более 95 % оксида углерода, около 65% углеводородов и 30% оксидов азота. Расплачиваться за это приходится ухудшением здоровья людей как собственников автомобилей, так и пешеходов.

Таблица 4.9

Источники транспортного шума

Источник транспортного шума	Уровень звука, дБ
Автомобильный транспорт	
Грузовой автомобиль	85-96
Легковой автомобиль	82-88
Автобус	80-95
Мотоцикл, мопед	86-108
Воздушный транспорт	
Вертолет	106
Турбовинтовой самолет	105-115
Реактивный самолет	110-122
Рельсовый транспорт	
Трамвай	75-96
Метро	89-83
Железнодорожный состав	80-100

К сожалению, на фоне безудержного роста числа автомобилей в России увеличивается доля подержанных, длительно эксплуатируемых, в частности иностранного производства. Так, в Москве по состоянию на 2001 г. доля иномарок составляла: среди легковых автомобилей – 28%, грузовых – 12,2%, автобусов – 46% (Курбатова А.С. и др., 2004 г.).

В защите среды обитания от загрязнения автомобильными выхлопами наша страна существенно отстала от развитых стран Запада, причем по многим показателям. Двигатели даже новых отечественных автомобилей, сходящих с конвейеров автозаводов, выбрасывают в расчете на 1 км пройденного пути в 3-5 раз больше вредных веществ, чем их зарубежные аналоги. Проверки показывают, что каждый пятый автомобиль эксплуатируется с повышенной токсичностью или дымностью отработанных газов. В ряде городов содержание оксида углерода в воздухе над автомагистралями в 10-12 раз превышает предельно допустимую норму. По оценкам медиков и экологов, автотранспорт заметно сокращает среднюю продолжительность жизни населения.

В связи с вышеизложенным возникла острая необходимость в осуществлении таких мероприятий, которые позволили бы снизить выбросы автотранспорта или ослабить его негативное воздействие на качество среды обитания (табл. 4.10).

Исследования показали, что в условиях города двигатель автомобиля работает 30% времени на холостом ходу, 30-40% с постоянной нагрузкой, 20-25% в режиме разгона и 10-15% в режиме торможения. При этом на холо-

стом ходу автомобиль выбрасывает 5-7% оксида углерода к объему всего выхлопа, а в процессе движения с постоянной нагрузкой – только 1-2,5%. Следовательно, наибольший выброс выхлопных газов имеет место при задержках машин у светофоров, при стоянке с невыключенным двигателем в ожидании зеленого света, при трогании с места и форсировании работы мотора. Поэтому в целях снижения выбросов необходимо устранить препятствия на пути свободного движения потока автомашин. В частности, сооружают специальные автомагистрали, не пересекающиеся на одном уровне с движением машин или пешеходов, специальные переходы для пешеходов на всех пунктах скопления машин, а также эстакады или тоннели для разгрузки перекрывающихся потоков транспорта.

В настоящее время все более активно внедряются автоматизированные системы управления (АСУ) городским транспортом. Так, в Москве действует

Таблица 4.10
Система мероприятий по снижению загрязнения атмосферного воздуха автотранспортом (Н.С. Касимов, А.С. Курбатова, В.Н. Башкин, 2004 г.)

Планировочно-градостроительные	Технологические	Санитарно-технические	Административно-технические
выделение скоростных дорог безостановочного движения и полос движения общественного транспорта	замена двигателя на более экономичный и менее токсичный замена топлива (улучшение качества, альтернативные виды топлива)	каталитический дожиг выхлопных газов фильтрация твердых частиц	установка нормативов качества топлива установление допустимых региональных нормативов выбросов
организация пересечения улиц на разных уровнях	совершенствование рабочего процесса двигателя	установка трехступенчатых систем нейтрализации выхлопных газов	вывод из города транзитного транспорта
организация под(над)земных пешеходных переходов озеленение прилегающих и свободных территорий	расширение парка и использования муниципального электротранспорта (метро, трамвай, троллейбус)		вывод из города складских баз, терминалов и т. д.

в пределах Садового кольца телеавтоматическая система управления транспортным потоком «Старт». Она имеет замкнутый контур управления дорожным движением: транспорт-детекторы (датчики) – ЭВМ – светофорная сигнализация и дорожные знаки-транспорт.

В результате реализации части из вышеперечисленных мероприятий суммарные выбросы от московского автотранспорта в 2000 г. в целом по городу были снижены на 7,7%, в 2001 г. – на 14,5%. Это снижение было достигнуто, кроме того, и за счет введения в эксплуатацию и реконструкцию участков 3-го транспортного кольца общей протяженностью 16,1 км. Как следствие, средняя скорость транспорта, использующего для транзита эти участки, увеличилась в 2-3 раза.

В России имеются оригинальные технологические разработки для снижения негативного влияния автотранспорта на окружающую среду. Наши ученые создали принципиально новую технологию работы автомобильного поршневого двигателя, не имеющего аналогов в мире. В основу разработки положено открытое группой ученых во главе с членом-корреспондентом РАН Ю. Васильевым и профессором Ю. Свиридовым явление так называемого С-процесса – молекулярного смесеобразования со стопроцентным испарением бензина. В двигатель поступает сухая безвоздушная газовая смесь (бензогаз), которая сгорает полностью и быстро. Выхлоп такого двигателя экологически чист. В результате отпадает необходимость в дорогостоящих технологиях, связанных с нейтрализацией выхлопов. С-процесс с гомогенным горением может быть внедрен на серийных отечественных двигателях.

Заметного сокращения расхода энергии, а значит, количества сжигаемого топлива и уменьшения загрязнения воздушной среды можно достичь, если использовать энергию, затрачиваемую на торможение. Указанная рекуперация была впервые успешно реализована на электрическом транспорте. Ныне построены и успешно используются в автобусах маховичный и гидرو-пневматический рекуператоры. При этом экономия топлива составила 27-40%, объем выхлопных газов снизился на 39-49%.

Совершенствование дизельных двигателей. Как известно, в бензиновом двигателе рабочая (топливно-воздушная смесь) воспламеняется от постороннего источника (электрической искры), в дизельном – под действием температуры, повышающейся при сжатии смеси.

В последние годы во всем мире наблюдается тенденция возврата к дизельным двигателям. И этому есть веские причины. Во-первых, потребление топлива дизелем на 20-30% меньше. Во-вторых, токсичность выхлопных газов (по сумме компонентов) примерно в три раза ниже, чем у бензиновых двигателей.

Однако применение и дизелей не свободно от экологических проблем, поскольку в процессе работы выбрасываются твердые и газообразные вещества: несгоревшего топлива, сажу, аэрозоли масла, диоксид серы и т. д. По-

этому для очистки выхлопных газов на дизелях устанавливают перед окислительным нейтрализатором сажевый фильтр. Последний представляет собой монолитный блок (пеночерамика, пенометалл) с несколькими заглушёнными с одного конца параллельными каналами с пористыми стенками. Очистка выхлопных газов от сажи происходит при их прохождении через пористые стенки из одного канала в другой.

Успехи в области создания жаропрочной ($\sim 1400^\circ\text{C}$) и ударопрочной керамики позволяют применять такие материалы в газотурбинных и так называемых адиабатических дизельных двигателях. Большая теплоемкость керамики позволяет отказаться от водяного охлаждения. Тем самым эффективность использования топлива в таких двигателях повышается на 30-35 %, соответственно возрастает и экологичность.

Представляет большой интерес использование смеси дизельного топлива и природного газа на автобусах «Икарус». У них почти в 4 раза меньше объем выхлопных газов, на 10 % повышена мощность двигателя, время работы между ремонтами увеличено в 1,5 раза, и одновременно вдвое снижен расход дизельного топлива.

Японские ученые предложили использовать в качестве горючего «кухонное» масло, являющееся бытовым отходом. Технологически эта операция состоит из двух этапов: на первом отработанное масло фильтруют от остатков пищи, а на втором производят химическую реакцию с участием метанола и катализаторной смеси. Получается горючее, которое годится для любого дизельного двигателя и в выхлопе дает меньший объем вредных примесей (прежде всего окиси азота) в сравнении со стандартным топливом.

В Швеции увеличивается потребление экологически чистого дизельного топлива, которое производится из рапсового масла.

Для уменьшения загрязнения атмосферного воздуха отработанными газами необходим повседневный технический контроль состояния автомобиля. Все автохозяйства обязаны следить за исправностью машин, выпускаемых на линию. Низкий уровень технического обслуживания, отсутствие контроля приводят к расстройству узлов и систем автомобиля, и выбросы вредных веществ в атмосферный воздух возрастают. В результате все усилия автомобильной промышленности по совершенствованию двигателей для обеспечения требований экологических стандартов сводятся на нет. Поэтому сегодня особенно актуальной становится задача не только и не столько совершенствовать конструкции автомобилей с точки зрения ограничения токсичности, сколько повышать уровень технического обслуживания и совершенствовать контроль за их техническим состоянием (рис. 4.3).

Большинство (до 75%) применяемых ныне в России сортов бензина содержит в качестве антидетонационной присадки тетраэтилсвинец $\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_5)_4$ в количестве 0,41-0,82 г/л. Это позволяет повысить степень сжатия рабочей смеси в цилиндрах двигателя и тем самым улучшить его топливную эконо-

мичность. Однако наличие такой присадки приводит к тому, что свыше 60% загрязнений почвы свинцом приходится на автотранспорт. Поэтому большое значение для улучшения экологической обстановки имеет запрещение применения этилированного бензина. В большинстве стран Европы он уже не используется. Прекращено производство этилированного бензина на нефтеперерабатывающем предприятии Москвы, расположенном в Капотне, а также на некоторых других предприятиях России.



Рисунок 4.3 – Зависимость безвредности автомобиля от его конструкции и эксплуатации (В.В. Амбарцумян, «Экология и жизнь» № 2, 1999 г.)

В то же время следует отметить, что добавлением к топливу определенных присадок можно изменить ход реакции окисления углеводородного топлива в сторону снижения образования некоторых токсичных компонентов: оксида углерода (II), углеводородов, альдегидов, сажи и др.

В Финляндии разработана специальная добавка к бензину «Футура», которая не содержит свинца. Бензин с присадкой «Футура» имеет октановое число 95; она эффективно очищает двигатель, уменьшает загрязнение клапанов, защищает топливную систему от коррозии, повышает морозостойкость карбюратора, обеспечивает равномерный режим сгорания топлива и уменьшает выбросы вредных веществ.

Разработано большое число присадок и к дизельному топливу, снижающих содержание в выхлопных газах сажи. Наиболее эффективными ока-

зались барийсодержащие присадки. Сравнительные испытания их показали, что добавление к топливу 1% (по объему) присадок А2 (разработана в СССР) и бельгийской снижает концентрацию сажи в выхлопных газах при всех режимах работы двигателя примерно на 70- 90%. При этом уменьшается также на 60-80% выброс канцерогенных веществ. Одновременное применение присадок с различным механизмом воздействия на процесс сажеобразования позволяет резко снизить уровень ее выделения дизельными двигателями. Присадка ИХП-706 снижает в выхлопных газах дизельных двигателей содержание сажи на 85-90%, а также концентрацию такого сильнейшего канцерогена, как бенз(а)пирен.

Большое внимание уделяется выпуску новых сортов автомобильного топлива. Начиная с 1996 г., производятся поставки на автозаправочные станции новой марки бензина «Евросупер-95» с Новоуфимского нефтеперерабатывающего завода. От других марок бензина он отличается не только высоким октановым числом, но и предельно малым содержанием вредных сероводородных соединений. «Евросупер-95» вырабатывается по современным высоким технологиям без тетраэтилсвинца и других вредных для окружающей среды и человека добавок. В Сибирском отделении Российской академии наук (РАН) разработана установка для получения высокооктанового бензина из углеродного сырья различного происхождения. С помощью специального катализатора на этой установке осуществляется получение чистых высокооктановых фракций без каких-либо добавок. Сырьем служат попутный газ и газовый конденсат, который образуется при добыче нефти, и другие углеводородные соединения.

На Западно-Сибирском металлургическом комбинате нашли способ превращения в высокооктановый бензин доменных и коксовых газов, выбрасываемых в атмосферу. Возможно, также превращать в бензин компоненты газов, сжигаемых на теплоэлектроцентралях (ТЭЦ), на заводах синтетического каучука.

В России найден способ изготовления порошкового бензина. По качеству он соответствует Аи-92 и Аи-76, но с более низким содержанием оксида углерода в выхлопе.

Для России, обладающей крупнейшими запасами природного газа и являющейся мировым лидером по его добыче, повсеместный перевод автомобилей на газ не только способствовал бы снижению вредных выбросов (минимум на 10-20%), но и оказался бы экономически целесообразным мероприятием. Согласно расчетам специалистов, при переводе на сжиженный природный газ, доля топлива в общих эксплуатационных затратах на автомобиль сокращается вдвое, быстро окупаются затраты на приобретение газобаллонного оборудования и его установку (в течение полугода окупаются затраты при переводе на газ грузовых автомобилей моделей «ГАЗ» и «ЗИЛ», в течение года – автобусов «Икарус-280» и в течение 14 месяцев – автомобилей «КамАЗ-5320»).

В то же время имеются и существенные недостатки газового топлива: 1) необходимость установки на автомобиле баллонов для сжиженного газа, находящихся под давлением 1,6 МПа; 2) опасность растекания смеси (она тяжелее воздуха) в местах нахождения человека (салоне автомобиля, гараже и т. д.), что может привести к взрыву; 3) необходимость создания разветвленной сети автомобильных газонаполнительных компрессорных станций, время заправки на которых одного автомобиля составляет 10-15 мин.

Очевидно, что затраты на устранение указанных недостатков с лихвой окупаются экологическими преимуществами, которые обеспечивают широкое применение автомобильного газового топлива.

Исходя из понимания глобальной опасности стремительно развивающегося автотранспорта, еще 20 марта 1958 г. под эгидой ООН было достигнуто международное соглашение «О принятии единообразных условий официального утверждения и о взаимном признании официального утверждения предметов оборудования и частей автотранспортных средств». Это соглашение сопровождается Правилами ООН, устанавливающими экологически безопасные уровни выбросов автотранспорта и обязательными для заводов-изготовителей.

В мире действуют три основных экологических стандарта, по которым измеряются предельно допустимые выбросы автомобиля страны-производителя:

- европейский международный стандарт (утвержден в 1993 г.), действует на территории всех европейских государств и является действительным по всему миру. Последовательно вводились стандарты ЕВРО-1, ЕВРО-2, ЕВРО-3 и ЕВРО-4, неуклонно ужесточающие нормативы токсичных выбросов;

- еще более жесткий американский стандарт, который в последнее время планируется объединить с европейским для упрощения процедуры контроля;

- самый строгий, японский стандарт, также действительный во всем мире.

Указанные экологические стандарты являются важным элементом нормативной базы создаваемой в настоящее время международной системы сертификации автотранспорта.

Российский стандарт экологической безопасности не соответствует нынешним мировым требованиям, отставая от них на многие годы. Так, в Европе с 2008 г. вводятся новые нормативные требования по содержанию вредных веществ ЕВРО-5, которые резко, почти в 2 раза ужесточены по отдельным вредным веществам по сравнению с ныне действующими ЕВРО-4. В России же пока АвтоВАЗом выпущена опытная партия (100 штук) легковых автомобилей, удовлетворяющих требованиям ЕВРО-4. Нетрудно сделать вывод, что Европа, США, Япония указанными требованиями фактически поставили заслон на пути проникновения российских автомашин на международный рынок.

Экологические проблемы различных отраслей промышленности

Промышленность является ведущей отраслью материального производства, на долю которой приходится большая часть выбросов в природную среду. Отрасли промышленности сильно различаются между собой объемами выбросов вредных веществ в атмосферу, сбросом сточных вод. Различен и химический состав выбросов. По направлениям воздействия на компоненты природной среды особенно выделяются отрасли добывающей и обрабатывающей промышленности.

Добывающая промышленность. Масштабы добычи полезных ископаемых в мире стремительно нарастают. С этим связаны все возрастающие масштабы сооружения шахт, карьеров, рудников, угольных разрезов, нефтяных и газовых скважин, образования отвалов, хранилищ отходов обогащения. Масштабы влияния горнодобывающих производств ощутимы, так как из всего объема добываемого минерального сырья используется лишь 5-10%, остальное идет в отходы. Увеличение технической оснащенности добывающей промышленности сопровождается все более глубоким проникновением в земные недра. Происходит все более заметное воздействие на литосферу, меняется облик целых регионов.

Воздействие отраслей добывающей промышленности идет по следующим направлениям:

- а) происходит нарушение земель, образование антропогенных форм рельефа;
- б) изменяется водный баланс территории;
- в) происходит загрязнение атмосферы, связанное со взрывными работами при открытой добыче;
- г) изменяется ландшафт, образуются техногенные ландшафты.

В рамках добывающей промышленности можно проследить различия в воздействии, объясняющиеся:

- способом добычи (открытым или закрытым), технологией добычи;
- видом добываемого ресурса;
- природными условиями территорий, где идет добыча.

При добыче открытым способом необходимо постоянно проводить взрывные работы. В результате в атмосферу поднимается громадное количество пыли, концентрации, которых превышают в десятки и в сотни раз ПДК. Это приводит к угнетенному состоянию растительности, часто к ее гибели.

В процессе добычи руды происходит перемещение большого количества пород, резко меняется рельеф территории. После обработки рудного месторождения остаются огромные карьеры, а рядом с ними вырастают «горы» из отвалов песчаников, известняков и других вынутых пород. Образуется рельеф, созданный человеком.

Подземный способ добычи широко распространен в угольной промышленности. Наиболее ощутимым следствием шахтной добычи является проседание земной поверхности, вызванное выборкой угля из нижележащих толщ горных пород. Проседание поверхности приводит к заполнению понижений водой и образованию обширных просадочных озер. Складируемые шахтные отходы образуют терриконы. Они слагаются горными породами, доставляемыми при проходке шахтного ствола, и пустой породой, выделяемой из углеобогатительных фабрик. Основной вред терриконов заключается в изъятии территории и загрязнении атмосферы из-за их пыления и самовозгорания.

Для восстановления нарушенных горными разработками земель необходимо проведение рекультивации – комплекса инженерных, горнотехнических, мелиоративных, сельскохозяйственных и других видов работ, связанных с возвращением нарушенных земель в хозяйственное использование.

Перерабатывающая промышленность. Для отраслей перерабатывающей промышленности характерно значительно большее воздействие на состояние атмосферы и поверхностных вод, чем для добывающей. Из общего объема промышленных выбросов в атмосферу на долю перерабатывающей промышленности приходится около 80%, а ее доля в объеме сбрасываемых сточных вод составляет почти 90%.

Среди отраслей перерабатывающей промышленности по объему выбросов можно выделить группу крупнотоннажных. Ежегодные годовые выбросы в атмосферу в этих отраслях составляют миллионы тонн, а объем сточных вод – несколько млн м³. В эту группу входят черная и цветная металлургия, нефтепереработка, промышленность строительных материалов, на них приходится до 80% выбросов в атмосферу всей перерабатывающей промышленности.

По сбросам сточных вод выделяются целлюлозно-бумажная, химическая и нефтехимическая, машиностроение, черная и цветная металлургия, дающие до 80% всех стоков отраслей этого вида промышленности.

Специфической особенностью отраслей перерабатывающей промышленности является производство особо опасных веществ, не известных в природе, а также выбросы многих токсичных соединений, представляющих большую опасность для природы и человека.

Среди громадного перечня токсичных веществ в настоящее время выделяется группа, вызывающая глобальные изменения в атмосфере, представляющая угрозу для здоровья и жизни населения. К таким соединениям относят:

а) хлорфторуглероды – газы, широко используемые в холодильной промышленности и для выпуска изделий в аэрозольной упаковке; в настоящее время считается, что именно они являются причиной истощения и разрушения озонового слоя;

б) полихлорбифенилы, имеющие высокую химическую, термическую и биологическую устойчивость, обладающие способностью накапливаться в экосистемах;

в) диоксины, поступающие в окружающую среду в местах хлорного производства, особенно при производстве пестицидов; диоксины вызывают отдаленные последствия хронического отравления малыми дозами и являются мутагенами. Каждая из отраслей имеет свой набор опасных и специфических для нее элементов.

Черная металлургия является крупным загрязнителем окружающей среды. На ее долю приходится 15% всех промышленных выбросов в атмосферу и до 10% промышленных сточных вод.

Одним из основных источников загрязнения воздушного бассейна является агломерационное производство, на его долю приходится около трети пыли, выбрасываемой металлургическим комбинатом. Удельный выход пыли на 1 т агломерата составляет 20 кг. В состав пыли входят окислы железа, алюминия, марганца, кальция, мышьяка. Агломерационное производство дает наибольшую долю выбросов сернистого газа (более 60 %).

Доменное производство является основным загрязнителем водоемов. Доменный процесс сопровождается выходом твердых отходов – шлаков и шламов. В составе шлаков встречаются до 30 химических элементов.

В настоящее время существует несколько направлений уменьшения воздействия на окружающую среду металлургического производства. Прежде всего это очистка вредных газов. Эффективность очистки составляет 70%. Однако с учетом масштабов производства оставшиеся после очистки выбросы составляют огромные количества.

Уменьшение расхода воды и сброса сточных вод связано с введением водооборотной системы. Осуществление полного водооборота тормозится сложностью очистки сильно засоленных, многокомпонентных сбросных вод, содержащих специфические загрязнители – кислоты, щелочи, цианиды, фенолы, соединения хрома.

Однако существенное снижение выбросов металлургического производства возможно при внедрении новых технологий. Наиболее чистым является безкоксовый и бездоменный метод получения железа непосредственным восстановлением железорудных концентратов водородом или конвертированным природным газом. При внедрении метода прямого восстановления железа существенно снижаются выбросы в атмосферу, снимается проблема переработки шламов и шлаков.

Цветная металлургия. Особенности воздействия на окружающую среду в первую очередь связано с используемым в отрасли сырьем. Одна из особенностей руд цветных металлов заключается в том, что они содержат относительно небольшую долю основного металла. Содержание меди в рудах очень редко превышает 5%, свинца и цинка – 6-7%, а молибдена – всего 0,1 – 0,2%.

Балластная, неиспользуемая часть сырья переходит в твердые и газообразные отходы. Тенденция вовлечения в переработку все более бедного природного сырья вызывает увеличение отходов – газообразных, твердых и жидких.

При имеющихся различиях в технологии, выбросах, воздействии на природу и человека можно выделить несколько проблем, являющихся общими для отрасли в целом. Предприятия отрасли являются источником поступления в окружающую среду различных канцерогенных веществ, в первую очередь тяжелых металлов. Все производства выбрасывают в атмосферу диоксид серы, доля которого около 20% от всех промышленных выбросов. В состав шлаков кроме оксидов кремния, алюминия, кальция, железа, марганца входят медь, никель, кобальт, свинец, кадмий, редкие металлы. Сточные воды цветной металлургии содержат в своем составе грубодисперсные примеси, ионы тяжелых металлов, сульфаты, фториды, хлориды. Токсичность этих элементов не гарантирует сохранение водных объектов даже при глубокой очистке сточных вод. Поэтому существует необходимость перевода предприятий отрасли на бессточный режим работы, на организацию замкнутых циклов водоснабжения.

Машиностроение – сложная и разветвленная отрасль промышленности, включающая в себя несколько сотен различных видов производств. Каждое из них имеет свои технологические особенности и специфику воздействия на окружающую среду. Однако можно выделить несколько общих направлений воздействия. В воздушный бассейн выбрасывается пыль различного химического и гранулометрического состава, сернистый ангидрид, окись углерода, окислы азота, сероводород. Кроме того, выбрасываются масляный и сварочный аэрозоли, растворители ароматического ряда (бензол, толуол, ксилол, ацетон), углеводороды эфирного ряда.

Особенно вредны для человека элементы, поступающие при процессах сварки и пайки. При сварке выделяются пары окислов железа и цинка, аэрозоли марганца, кремния, а также фторидов, окислов азота.

Применяемые в производстве теплоизоляционные и звукопоглощающие материалы могут быть источником асбестовой пыли.

Гальванические ванны являются источником поступлений токсичных испарений, особенно свинцовых. В красочных цехах преобладают испарения органических растворителей лакокрасочных материалов.

Машиностроение вносит существенный вклад в загрязнение водных ресурсов. Выделяются своей токсичностью сточные воды травильных отделений и гальванических цехов.

Состав твердых отходов машиностроительных предприятий отличается сравнительной однородностью – черные и цветные металлы, шлак, окалина, древесина, пластмассы, бумага, картон. Утилизируются главным образом металлы, централизованно сдаваемые предприятиям вторчермета. Существует проблема использования других видов отходов. Они или вывозятся на свал-

ки, или остаются на заводской территории, сильно загрязняя ее. В настоящее время совершенствуются пути складирования особо токсичных отходов, обезвреживания свалок, сжигания части мусора на мусоросжигающих заводах.

К числу специфических видов загрязнения машиностроения и металлообработки следует отнести промышленные шумы и вибрацию.

НТР привела к появлению новых машиностроительных производств, отличающихся от традиционных как требованиями при размещении, так и влиянием на окружающую среду. К числу высокотехнологичных отраслей можно отнести производство полупроводников и элементной базы для ЭВМ, микроэлектронику.

Высокотехнологичные отрасли машиностроения не являются экологически чистыми. В выбросах этих производств имеются незначительные по объему, но разнообразные высокотоксичные вещества. Отходы производства полупроводников и элементной базы для ЭВМ содержат тяжелые металлы, соединения кремния, германия, мышьяка.

Своеобразно влияние этих производств на человека. Производственные помещения, где они размещаются, требуют повышенной чистоты, даже стерильности. У работающих в таких условиях часто ослабляется иммунитет к различным заболеваниям. Попадая из стерильного помещения в загрязненную среду города, рабочие указанных производств чаще болеют.

Нефтеперерабатывающая промышленность. Нефтеперерабатывающие заводы (НПЗ) вырабатывают горючие и смазочные материалы, твердые и жидкие смеси парафинов, битумы, электродный кокс, ароматические углеводороды. Основными загрязняющими веществами, выбрасываемыми в атмосферу предприятиями нефтепереработки, являются углеводороды, диоксид серы, оксид углерода, окислы азота. Из специфических элементов можно выделить пятиокись ванадия, фтористые соединения, метилмеркаптан.

Со сточными водами НПЗ в поверхностные воды поступает значительное количество нефтепродуктов, сульфатов, хлоридов, соединений азота, фенолов, солей тяжелых металлов. Большой проблемой НПЗ являются токсичные отходы, состоящие из химически активных газов, образующихся при эксплуатации очистных сооружений, из резервуарных осадков, сернисто-щелочных стоков.

Предприятия нефтеперерабатывающей промышленности оказывают негативное влияние на экологическую обстановку. В городах, где расположены НПЗ, отмечается высокий уровень загрязнения почв нефтепродуктами. Влияние прослеживается на расстоянии до 1 км.

Химическая промышленность представляет собой сложный производственный комплекс, в составе которого можно выделить отрасли:

а) основной химии, включающей горно-химическую, производство кислот, солей, щелочей, удобрений;

б) промышленность полимерных материалов, включая органический синтез. В настоящее время химические отрасли промышленности производят свыше 500 тыс. различных соединений.

Подавляющая часть новых производимых химических веществ не имеет природных аналогов, многие из них потенциально опасны, особенно с точки зрения генетики. В процессе переработки сырья образуется большое количество побочных продуктов, которые часто накапливаются в виде отходов. Многие отходы требуют полного уничтожения в силу их высокой токсичности (соли тяжелых металлов, цианиды, ряд органических соединений).

Для производств неорганической химии в целом можно выделить три основных загрязнителя – оксиды серы, азота, взвешенные частицы. Фиксируется около 400 ненормируемых загрязнителей, имеющих широкий диапазон опасных свойств – аммиак, хлороводород, фтороводород и др. Некритерияльные загрязнители незначительны по объему и представляют сложную проблему для очистных сооружений. Предприятия отрасли создают высокие уровни загрязнения атмосферного воздуха, поверхностных вод и почв диоксинами и диоксиноподобными веществами.

Основными выбросами производств органической химии являются углеводороды и оксиды углерода. Имеются и токсичные вещества, выбросы которых могут образовываться в небольших количествах, но быть летучими – бензол, стирол, акрилонитрил. Среди потенциально опасных полициклических ароматических соединений можно выделить пирен, бензо(жи)перилен, флюорантен и др.

Несмотря на то что химическая промышленность относится к категории особо загрязняющих окружающую среду, именно она вносит и наиболее существенный вклад в решение природоохранных проблем. В отрасли производятся различные реагенты, без которых невозможна очистка газов, сточных вод, подготовка питьевой и технической воды.

Целлюлозно-бумажная промышленность. В отрасли существуют два технологических процесса переработки древесины и получения целлюлозы – сульфитный и сульфатный. Они различаются составом используемых реагентов, различно и их воздействие на природу. При сульфитном способе производства загрязняются преимущественно водные объекты, при сульфатном – атмосфера. Сточные воды сульфит-целлюлозного производства содержат различные компоненты, образуя пять потоков – коросодержащий, загрязненный корой; волокно и каолиносодержащий, щелокосодержащий, кислотный и хлорсодержащий. В результате сброса сточных вод в водоемы происходит отложение на дне волокон, коры, в анаэробных условиях развивается процесс гниения, при котором выделяются углекислый газ, аммиак. Белковые соединения разлагаются с выделением сероводорода. Продукты гниения придают воде неприятный запах и вкус. При сбросе сточных вод нарушается кислородный режим водоемов, гибнет рыба.

В процессе производства целлюлозы сульфатным способом образуются выбросы, содержащие диоксид серы и такие пахучие вещества, как метантион, диаметилсульфид, метилмеркаптан. Вредные газопылевые выбросы вызывают заболевания органов дыхания, усыхание деревьев. В результате оседания выбросов на почву снижается ее биохимическая активность, загрязняются грунтовые воды. Большую опасность представляет загрязнение воды, воздуха и почв диоксинами и диаксиноподобными веществами, уровни которых вблизи ЦБК резко возрастают.

Тенденции промышленного загрязнения природной среды

Для отражения количественных характеристик вредного антропогенного воздействия на природную среду ежегодно публикуются Государственные доклады о состоянии и охране окружающей среды Российской Федерации. Их анализ, а также других официальных источников позволяет проследить динамику негативного воздействия экономики страны на природную среду (рис. 4.4). Здесь в качестве сравнения взят 1995 г., показатели которого по выбросам (сбросам) приняты за 100 %. В табл. 4.11 показана динамика выбросов вредных веществ по отдельным отраслям экономики (А.Д. Думнов. Природно-ресурсные ведомости, № 30, 2005 г.).

Данные рис. 4.4 и табл. 4.11 явились следствием обобщения отчетных данных от более чем 20 тыс. промышленных и других объектов.

В частности, из рис. 4.4 следует, что выбросы от стационарных источников до 1999 г. уменьшались, а в 2000-2004 гг. систематически возрастали. При этом увеличение выбросов практически полностью пришлось на топливную, прежде всего нефтедобывающую, промышленность. Что касается других отраслей, там имели место и падение, и стабилизация, и относительно небольшое увеличение.

Согласно табл. 4.11, выбросы в атмосферу нефтедобывающей отраслью увеличились с 1995 г. по 2004 г. почти в 2,5 раза (примерно на 2 млн. тонн), причем этот рост в основном пришелся на период после 2000 г. Указывается, что данное явление обусловлено увеличением сжигания попутного газа, образующегося при нефтедобыче.

В 2004 г. поступление вредных веществ в атмосферу возросло по сравнению с предыдущим годом в 42 из 89 субъектов Российской Федерации. Среди факторов, способствующих снижению валовых выбросов в атмосферу от стационарных источников (96 % от 1995 г., кривая 3 рис. 4.4), являются: 1) возрастание доли природного газа в составе первичного природного топлива; 2) перепрофилирование продукции ряда предприятий; 3) изменение структуры выпускаемых товаров, сопровождающейся меньшими выбросами. С другой стороны, ряд экспертов выражает недоумение по поводу резкого снижения объема выбросов (сбросов) вредных веществ, в то время как существен-

но возрастал выпуск готовой продукции (в 1996-2004 гг. объем промышленного производства в России в сопоставимых ценах, по официальным данным, увеличился на 140 %). Эта очевидная несогласованность позволяет специалистам говорить о несовершенстве организации статистики обращения отходов производства и потребления – одного из элементов государственной статистики окружающей природной среды.

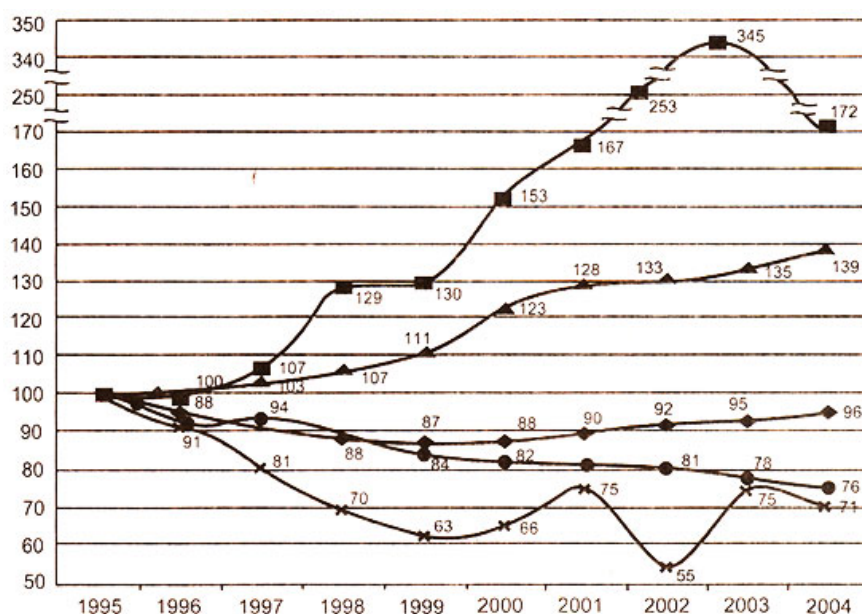


Рисунок 4.4 – Динамика некоторых видов негативного воздействия на окружающую среду в России, в % к 1995 г.: 1 – образование опасных отходов производства и потребления (I–IV классов опасности; 2 – выбросы вредных веществ в воздух от автотранспорта; 3 – выбросы вредных веществ в воздух от стационарных источников; 4 – сброс загрязненных сточных вод; 5 – ежегодные нарушения земель в связи с несельскохозяйственной деятельностью

Существующие критерии оценки экологичности предприятия

Все виды ПДК относятся к отдельным веществам. Между тем в атмосферном воздухе может присутствовать от одного до сотни токсичных соединений. Проблема комбинированного действия химических веществ достаточно сложна. Ответная реакция организма на такое воздействие может развиваться по трем направлениям; усиление эффекта (синергизм), т. е. превышение реакции, вызванное действием каждого из веществ смеси; ослабление эффекта (антагонизм), т. е. ответная реакция будет меньше эффекта, вызванного любым веществом смеси; независимое действие, когда ответная реакция будет соответствовать действию каждого отдельного вещества или ведущему из них.

Таблица 4.11

Динамика выбросов вредных веществ в атмосферу от стационарных источников по отраслям экономики

Показатель	1995 г.	2000 г.	2004 г.	2004 г., в % к 1995 г.	2004 г., в % к 2000 г.
Выбросы вредных веществ в атмосферу от стационарных источников, всего, млн. т	21,3	18,8	20,5	96	109
в т.ч. по отраслям ¹ :					
электроэнергетика	5,0	3,9	3,3	66	85
топливная промышленность	3,7	3,5	6,2	168	177
черная металлургия	2,7	2,4	2,2	80	92
цветная металлургия	3,7	3,5	3,3	89	94
лесная, деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность	0,5	0,4	0,3	60	75
химическая и нефтехимическая промышленность	0,5	0,4	0,4	80	100
промышленность строительных материалов	0,7	0,4	0,5	71	125
жилищно-коммунальное хозяйство	0,4	1,0	1,0	в 2,5 раза	100

Синергизм может характеризоваться простым суммированием, т.е. эффект удваивается при наличии двух веществ, утраивается при наличии трех веществ и т.д. Частным случаем суммирования эффекта является эффект неполной суммации. Наблюдаются случаи, когда эффект увеличивается больше, чем при простом суммировании. Такие случаи синергизма называют потенцированием эффекта.

Трудность оценки комбинированного действия состоит в том, что при разном уровне воздействующих концентраций ответная реакция может протекать по разному типу. Эти особенности комбинированного действия вызвали необходимость выполнения специальных исследований в диапазоне концентраций и для комбинации загрязнителей, наиболее часто встречающихся в атмосфере населенных мест.

Накопленный опыт свидетельствует, что комбинированное действие атмосферных загрязнений с одинаковым лимитирующим

¹ по ОКОНХ.

признаком, как правило, характеризуется эффектом простого суммирования. Поэтому предложено оценку комбинированного действия вести по формуле:

$$\frac{C_1}{ПДК1} + \frac{C_2}{ПДК2} + K + \frac{C_n}{ПДКn} = q.$$

Если сумма долей q обнаруженных концентраций, отнесенная к их ПДК, не превышает единицы, то степень загрязнения атмосферного воздуха с учетом суммации биологического действия загрязнителей не превышает гигиенических нормативов. В случаях потенцирования, которые пока распространяются только на хлор, принимают $q = 0,8$.

Результирующий гигиенический эффект как величина, зависящая от многих причин (концентраций и доз времени воздействия и др.), является недостаточно надежным количественным критерием для установленного типа (характера) комбинированного действия вещества. Главная трудность в том, что, как правило, кривая зависимости эффекта от уровня воздействия имеет S-образный характер. Согласно этой кривой, повышение концентрации (дозы) одного вещества или смеси веществ не ведет к пропорциональному увеличению эффекта, что может существенно искажать оценку характера (типа) комбинированного действия в зависимости от того, в какой области кривой выявляются изменения эффектов.

Количественно характер комбинированного действия оценивается по тому, насколько должна измениться концентрация каждого вещества в смеси, чтобы их суммарная концентрация была изоэффективна определенной (среднесмертельной, пороговой) концентрации каждого вещества в отдельности.

Фактическое загрязнение атмосферы воздуха городов и населенных пунктов оценивается по 5-балльной шкале: I – допустимое загрязнение; II – умеренное; III – слабое; IV – сильное; V – очень сильное.

Загрязнение 1 степени является безопасным для здоровья населения. При загрязнении II-V степеней вероятность возникновения неблагоприятных эффектов возрастает с увеличением степени загрязнения.

Результирующее загрязнение атмосферы при одновременном присутствии нескольких вредных веществ оценивается по так называемому комплексному показателю P , учитывающему характер комбинированного воздействия веществ и их класс опасности:

$$P = \sqrt{K_i^2}.$$

Величина K представляет собой фактическое среднегодовое загрязнение атмосферы конкретным веществом в долях среднесуточного ПДК

(ПДК_{сс}), приведенное к биологическому эквиваленту 3-го класса опасности. Для получения этого значения вначале определяют кратность превышения веществом i его ПДК_{сс}:

$$K_i = c_i / (\text{ПДК}_{\text{сс}})_i$$

Приведение K_i к 3-му классу опасности осуществляется по таблицам 4.12-4.14. Для значений, отсутствующих в таблицах, предполагаются следующие формулы:

для вещества 1-го класса $K_{1-3} = K_i 3^{2,89 \lg K_i}$

вещества 2-го класса $K_{2-3} = K_i 3/2^{1,55 \lg K_i}$

вещества 3-го класса $K_{3-3} = K_i$

вещества 4-го класса $K_{4-3} = K_i 3/4^{1,05 \lg K_i}$

В нормативах Минздрава России приводятся сведения о классе опасности вещества совместно с ПДК и для веществ рассматриваемого нами круга в таблицах 4.12-4.14.

Таблица 4.12

Приведение кратности превышения ПДК веществ 1-го класса к таковым 3-го класса опасности

Фактическое превышение ПДК концентраций веществ 1-го класса, K	Кратность превышения ПДК, приведенная к 3-му классу, K_{1-3}	Фактическое превышение ПДК концентраций веществ 1-го класса, K	Кратность превышения ПДК, приведенная к 3-му классу, K_{1-3}
1,1	1,25	2,4	8
1,2	1,5	2,5	8,8
1,3	1,9	2,6	9,7
1,4	2,2	2,7	10,6
1,5	2,6	2,8	11,6
1,6	3,1	2,9	12,6
1,7	3,5	3	13,6
1,8	4	3,1	14,7
1,9	4,6	3,2	16
2	5,2	3,5	19,7
2,1	5,8	4	27
2,2	6,5	4,5	35,8
2,3	7,2	5	46

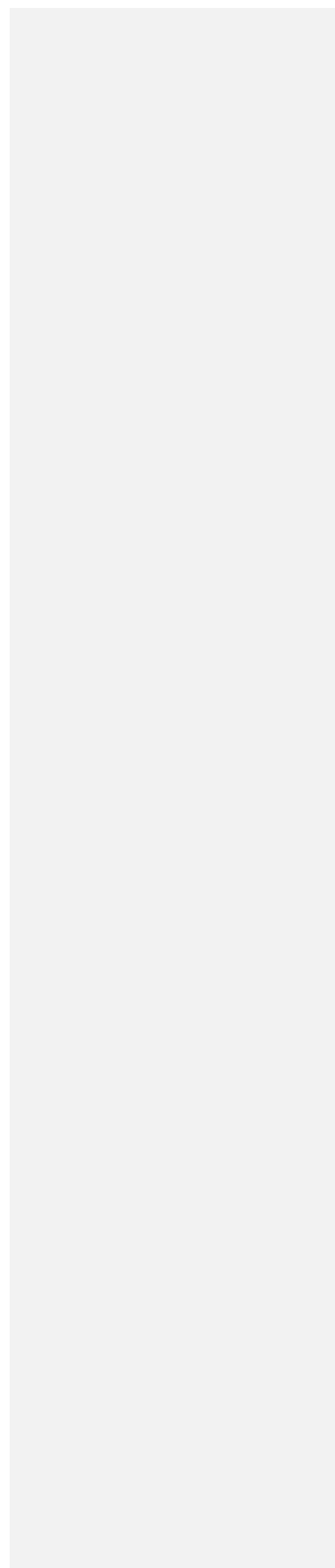


Таблица 4.13

Приведение кратности превышения ПДК веществ 2-го класса к таковым 3-го класса опасности

Фактическое превышение ПДК концентраций веществ 2-го класса, К	Кратность превышения ПДК, приведенная к 3-му классу, K_{1-3}	Фактическое превышение ПДК концентраций веществ 2-го	Кратность превышения ПДК, приведенная к 3-му классу, K_{1-3}
1,5	1,7	6	9,8
2	2,4	6,5	10,8
2,5	3,2	7	11,9
3	4	7,5	13
3,5	4,9	8	14,1
4	5,8	8,5	15,2
4,5	6,8	9	16
5	7,8	9,5	17,6
5,5	8,8	10	18,7

Полученное значение Р оценивается по табл. 4.14 в зависимости от абсолютного значения Р и числа токсичных компонентов. Так, например, при наличии семи веществ с комплексным показателем, равным 11, загрязнение воздуха будет оцениваться как умеренное. Сопоставляя комплексные показатели для разных групп веществ или районов, можно судить об относительном уровне загрязнения.

Кроме того, в работах Госкомиздата России получил распространение так называемый индекс загрязнения атмосферы ИЗА, построенный по аналогичным признакам с Р, но имеющий несколько иные численные коэффициенты. Оба показателя одинаково отражают тенденцию многокомпонентных загрязнений и один другого не исключает.

Установлены также для каждого региона свое ПДВ – предельно допустимые выбросы (ПДВ). Это глубокое заблуждение привело к тому, что предприятия стараются строить дымовые трубы поистине фантастической высоты — до 500 м. Попытка ограничить высоту труб до 265 м не увенчалась успехом. Мотивом строительства высоких дымовых труб является возможность как можно дальше и как можно на большие площади выбросить вредные токсичные вещества, при этом, не нарушая установленных норм ПДК и ПДВ. Чем выше труба, тем большее количество вредных, опасных для здоровья веществ может выбросить предприятие на законных основаниях. Пыль от дымовых труб может оседать за сотни километров, а вредные газы, такие как окислы серы, азота, соединяясь с влагой атмосферы, выпадают в виде кислотных дождей за тысячи километров от выбрасывающего объекта.

Таблица 4.14

Приведение кратности превышения ПДК веществ 4-го класса к таковым 3-го класса опасности

Фактическое превышение ПДК концентраций веществ 4-го класса, К	Кратность превышения ПДК, приведенная к 3-му классу, K_{1-3}	Фактическое превышение ПДК концентраций веществ 4-го	Кратность превышения ПДК, приведенная к 3-му классу, K_{1-3}
1,5	1,4	13,5	9,6
2	1,8	14	9,9
2,5	2,2	14,5	10,2
3	2,6	15	10,5
3,5	3	15,5	10,8
4	3,3	16	11,1
4,5	3,7	16,5	11,4
5	4	17	11,7
5,5	4,4	17,5	12
6	4,7	18	12,3
6,5	5	18,5	12,6
7	5,4	19	12,9
7,5	5,8	19,5	13,2
8	6	20	13,5
8,5	6,4	20,5	13,8
9	6,8	21	14,1
9,5	7	21,5	14,4
10	7,4	22	14,7
10,5	7,7	22,5	15
11	8	23	15,2
11,5	8,4	23,5	15,5
12	8,7	24	15,8
12,5	9	25	16
13	9,3		

Вот в чем причина плачевного, кризисного состояния биосферы – в неправильной оценке возможного и невозможного. Существующие в настоящее время законы и критерии оценки (ПДК, ПДВ) дают возможность выбрасывать в атмосферу, не боясь быть наказанным, огромные количества вредных веществ, исчисляемые миллионами тонн в год.

Человечество обязано пересмотреть эти критерии и оценивать промышленное предприятие только по абсолютному количеству выбросов, измеренных в тоннах в год или в килограммах в сутки.

Таблица 4.15

Зависимость комплексного показателя от числа загрязнителей и уровня

Уровень загрязнения атмо- сферного воздуха	Число загрязнителей			
	2-3	4-9	10-30	более 20
I-допустимый	2	3	4	5
II-слабый	2,1-4	3,1-6	4,1-8	5,1-10
III-умеренный	4,1-8	6,1-12	8,1-16	10,1-20
IV-сильный	8,1-16	12,1-24	16,1-32	20,1-40
V-очень сильный	>16	>24	>32	>40

Именно такой подход заставит ученых и промышленников отказаться от порочной практики выбрасывать газовые отходы на соседа и на своих сограждан якобы по чуть-чуть из очень высоких труб.

Выбрасывая на огромные территории вредные для всего живого, но необходимые для промышленности вещества, такие как окислы цветных металлов, тяжелые металлы, радиоактивные элементы и т. п., промышленность теряет их безвозвратно, т. к. собрать их уже невозможно.

Оценка опасности выбросов должна производиться на основании воздействия определенного количества вещества на флору и фауну. Например, капля никотина убивает лошадь. Если предприятие выбросило токсичное вещество, по воздействию равное капле никотина, оно должно возместить ущерб, равный стоимости лошади. В настоящее время те же токсины, скапливаясь в малых концентрациях, убивают постепенно сразу тысячи лошадей.

Оценивая предприятие на экологическую безопасность по абсолютно-му количеству выбросов, природоохранные организации будут иметь возможность возмещать даже самые, казалось бы, безобидные выбросы.

Итак, принцип рассеивания выбросов на большие площади есть следствие несовершенного законодательства и принятых во многих странах мира норм оценки допустимости выбросов, а именно - ПДК.

Сохраняя ПДК в пределах нормы, промышленные предприятия выбрасывают в атмосферу миллионы тонн токсичных и вредных веществ, оставляя вокруг себя отравленную пустыню.

На Конференции ООН в 1992 г. в Рио-де-Жанейро прозвучал вывод о том, что нынешняя рыночно-потребительская модель, действующая в ряде развитых стран, стремительно ведет к гибели всего человечества. Это модель неустойчивого развития, характеризующаяся бездумной разработкой и потреблением природно-энергетических и сырьевых ресурсов биосферы.

Отходы черной и цветной металлургии по вредному воздействию на окружающую среду стоят на втором месте, сразу же за предприятиями энер-

гетического комплекса, и на первом по выбросу ценных компонентов, необходимых промышленности как сырье.

Норильский никель выбрасывает 120 тыс. т SO₂, в целом по стране выбрасывается 23-24 млн. т серной кислоты.

Доведение технологии строительства и эксплуатации каждого объекта до мирового уровня позволит решить задачи снижения расхода материалов, энергии и трудовых затрат, повышения качества продукции и резко снизить антропогенное воздействие производства на окружающую среду (уменьшить выбросы загрязняющих веществ в воду и атмосферу, предотвратить деструкцию ландшафтов, сократить площадь отчуждаемых земель и т. д.).

Инвентаризация вредных воздействий, выбросов, стоков, твердых бытовых и производственных отходов – первый и обязательный этап экологической паспортизации объектов. Это означает переход от рассмотрения частных экологических ситуаций к системному анализу проблемы в целом.

Инвентаризация вредных выбросов, прежде всего, подразумевает их характеристику, в которой приводятся данные по организованным и неорганизованным источникам загрязнения. При этом следует указать, что источник загрязнения атмосферы – объект, от которого загрязняющее вещество поступает в атмосферу; источник выделения – объект, в котором образуются загрязняющие вещества (технологическая установка, склад сырья или продукции и т. д.); **организованный источник** загрязнения атмосферы – устройство для направленного вывода загрязняющих веществ в атмосферу (дымовая труба, вентиляционная шахта, аэрационный фонарь); **неорганизованный источник** загрязнения атмосферы не имеет специальных устройств для вывода загрязняющих веществ в атмосферу.

Все организованные и неорганизованные источники загрязнения атмосферы нумеруются, и эта нумерация остается постоянной. При появлении нового источника ему присваивается номер, ранее не задействованный в отчетности, а при ликвидации источника его номер в дальнейшем не используется. Всем организованным источникам присваиваются номера в пределах от 0001 до 5999, а неорганизованным – в пределах 6001...9999.

Источники выделения. Рассчитывают количество загрязняющих веществ (т/год), отходящих от источников выделения (независимо от того, оснащен он очистным сооружением, или нет), по формуле

$$M_{\text{отх}} = 10^{-6} \cdot C_{\text{max}} \cdot y \cdot t,$$

где C_{max} – максимальная концентрация загрязняющего вещества на выходе источника выделения (до очистки), г/м³; y – объемный расход газовой смеси в единицу времени на выходе источника, м³/с; t – время работы

оборудования в течение года, с. Для определения значения $C_{\max}$ должны использоваться результаты инструментальных измерений.

Если источник выделения оснащен газоочистной установкой (ГОУ), то указывается ее тип, вещества, от которых происходит очистка, а также тип измерительной аппаратуры. Эффективность ГОУ характеризуется следующими параметрами:

- паспортными и фактическими значениями КПД;
- капитальных затрат на ГОУ к эксплуатационным затратам на нее в прошедшем году;
- коэффициентом

$$K = M_{\text{факт}} / M_{\text{всв}} (M_{\text{ПДК}}),$$

где $M_{\text{факт}}$ – значение выбросов за прошедший год; $M_{\text{всв}}$ – значение временно согласованных выбросов; $M_{\text{ПДК}}$ – значение предельно допустимых выбросов.

В заключение указывается значение фактического выброса каждого вещества на единицу продукции, которая является основной и для которой разработаны удельные показатели.

Стационарные источники. Указывается количество каждого из загрязняющих веществ от всех стационарных источников, как собираемых в системы газоотводов (организованный выброс), независимо от того, направляются или не направляются они на ГОУ, так и непосредственно попадающих в атмосферу (неорганизованный выброс). Сюда не входят вещества, содержащиеся в технологических газах и специально улавливаемые для производства продукции.

Далее указывается количество каждого из загрязняющих веществ, поступающих в атмосферу через специальные устройства (трубы, вентиляционные установки, аэрационные фонари и т. п.), но не подвергающихся при этом очистке, а также тех неуловленных загрязняющих веществ, которые прошли через не предназначенные для их улавливания газоочистные и пылеулавливающие установки. Затем указывается фактическое количество уловленных и обезвреженных загрязняющих веществ, кроме тех, которые улавливаются для производства продукции.

В заключение приводятся значения условного выброса и указываются значения разрешенного выброса (лимит выброса) за прошедший год для каждого загрязняющего вещества, выбрасываемого предприятием в атмосферу, и если лимит выброса какого-либо вещества превышен, то делается соответствующая отметка.

На основании результатов инвентаризации выбросов рассчитываются ПДВ и карты распределения загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы. ПДВ устанавливаются для каждого источника загрязнения атмосферы.

ры, а также по каждому загрязняющему веществу, выбрасываемому данным предприятием.

В этом же разделе приводятся сведения об автотранспортном парке предприятия (вид транспорта, количество, годовой пробег в км/год, количество и вид сожженного топлива за год).

Разработка нормативов ПДВ

Рассеивание загрязняющих веществ в атмосфере. После выхода из источника выбросов загрязняющих веществ последние не остаются в атмосфере в неизменном виде. Прежде всего, происходят физические изменения, особенно в процессе динамических явлений, таких как перемещение и распространение в пространстве, турбулентная диффузия, разбавление и т. д. Кроме того, загрязняющие вещества способны вступать в химическое взаимодействие с другими компонентами атмосферного воздуха, меняя во времени и пространстве свой количественный и качественный состав.

Рассеивание является одним из путей достижения установленных нормативов качества воздуха в приземном слое атмосферы в районе расположения предприятия.

Расчет приземных концентраций вредных веществ выполняется в соответствии с требованиями нормативного документа ОНД-86, утвержденного Госкомгидрометом в 1986 году.

Нормирование выбросов в атмосферу. Основным средством для соблюдения ПДК вредных веществ в приземном слое является установление нормативов предельно допустимых выбросов (ПДВ) в атмосферу. ПДВ устанавливаются таким образом, чтобы выбросы вредных веществ от данного источника и от совокупности всех других источников в данном районе с учетом перспективы его развития и рассеивания вредных веществ в атмосфере не создавали приземные концентрации, превышающие максимальные разовые предельно допустимые концентрации (ПДК м. р.).

ПДВ определяется индивидуально в зависимости от расположения источника по отношению к жилым массивам, сочетания выбросов вредных веществ от рассматриваемого источника с выбросами от других источников, влияния условий рассеивания в данном географическом районе температуры, окружающего воздуха, рельефа местности и других факторов. Поэтому для одинаковых по техническим параметрам источников выбросов величины ПДВ могут быть разными.

Нормативы ПДВ устанавливаются на основании расчета приземных концентраций (т. е. расчета C_m – максимальной приземной концентрации при неблагоприятных метеорологических условиях, в том числе при опасной скорости ветра) и сопоставления результатов расчета с предельно допустимыми концентрациями. Величина ПДВ определяется в виде массы выбросов

в единицу времени, в граммах в секунду. Для одиночного источника с круглым устьем рекомендуется формула

$$ПДВ = \frac{(ПДК - C_{\phi})H^2}{AFmn\eta} \sqrt[3]{V\Delta T},$$

где C_{ϕ} – фоновая концентрация, которая характеризует загрязнение атмосферы в населенном пункте, создаваемое другими источниками, исключая данный. Фоновая концентрация относится к тому же интервалу осреднения (~ 20 минут), что и максимальная разовая ПДК. В общем случае должно соблюдаться условие

$$C_M + C_{\phi} \leq ПДК.$$

Для каждого из загрязняющих веществ, содержащихся в выбросных газах, величину ПДВ устанавливают отдельно. Кроме того, по каждому веществу устанавливается суммарная величина ПДВ в целом для предприятия.

Если в воздухе городов или других населенных пунктов концентрации вредных веществ превышают ПДК, а значения ПДВ в настоящее время не могут быть достигнуты, то по согласованию с региональными органами Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзора) предусматривается поэтапное, с указанием длительности каждого этапа, снижение выбросов вредных веществ до значений ПДВ, обеспечивающих достижение ПДК. На каждом этапе до обеспечения значений ПДВ устанавливаются временно согласованные выбросы (ВСВ) вредных веществ на уровне, не превышающем величины выбросов лучших отечественных производств, которые были достигнуты в предэтапном году.

Проект нормативов ПДВ является базовым документом для технического задания на осуществление мероприятий по уменьшению выбросов и должен содержать план по их снижению. Нормативы ПДВ пересматриваются в случае изменения технологии или объемов производства, но не реже одного раза в 5 лет.

Контроль за соблюдением нормативов выбросов загрязняющих веществ на предприятии

Контроль за достижением и соблюдением установленных нормативов выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух включает: определение массы выбросов вредных веществ в единицу времени от данного источника загрязнения и сравнение этих показателей с установленными нормативами ПДВ, проверку выполнения плана мероприятий по достижению ПДВ;

проверку эффективности эксплуатации очистных и других природоохранных сооружений, а также других производственных факторов, влияющих на ПДВ.

Указанный контроль проводится как самим предприятием (ведомственный контроль), так и региональными органами Ростехнадзора, осуществляющими государственный контроль. Для проведения ведомственного контроля на предприятиях создаются соответствующие подразделения (отделы охраны окружающей среды, санитарно-промышленные лаборатории и др.) или привлекаются для этой цели другие специализированные организации.

Службы ведомственного контроля согласуют с местными природоохранными органами места и периодичность отбора проб для проведения замеров, перечень контролируемых показателей, применяемые методы анализов, объем и порядок предоставления информации о выбросах загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

Государственный контроль за природоохранной деятельностью предприятий осуществляется в соответствии с планом работ, а также при возникновении аварийных ситуаций, резком ухудшения экологической обстановки и по сигналам граждан и организаций.

При контроле выбросов производится измерение расходов, определение концентраций содержащихся в дымовых (выбросных) газах контролируемых веществ и установление по этим данным массы выбрасываемых в атмосферный воздух загрязняющих веществ в единицу времени. Последний показатель сравнивается с утвержденными нормативами ПДВ с учетом точности приборов и средств измерения. В период выполнения планов мероприятий по достижению ПДВ в нормативные сроки и в установленном объеме при условии соблюдения установленных лимитов выбросов вредных веществ на предприятие не налагается каких-либо штрафных или иных санкций.

В случае невыполнения в нормативные сроки планов мероприятий по достижению ПДВ или отдельных этапов этих планов, а также в случае нарушения лимитов выбросов вредных веществ, установленных на период выполнения указанных планов, компетентные органы вправе предъявить предприятию исковые претензии, руководствуясь соответствующими документами.

Защита атмосферного воздуха от вредных выбросов – сложная, комплексная проблема, вклад в ее решение вносят и мероприятия по рациональному размещению источников загрязнений:

- вынесение промышленных предприятий из крупных городов в малонаселенные районы с непригодными и малоприспособленными для сельскохозяйственного использования землями;
- расположение промышленных предприятий с учетом топографии местности и розы ветров;
- установление санитарно-защитных зон (СЗЗ) вокруг промышленных предприятий;
- рациональная планировка городской застройки.

Взаимное расположение предприятий и населенных пунктов определяется по средней розе ветров теплого периода года. Промышленные объекты как источники выделения вредных веществ в окружающую среду должны располагаться за чертой населенных пунктов и с подветренной стороны от жилых массивов, чтобы выбросы уносились в сторону от жилых кварталов.

Здания и сооружения промышленных предприятий обычно размещаются по ходу производственного процесса. При недостаточном расстоянии между корпусами загрязняющие вещества могут накапливаться в междокорпусном пространстве, которое оказывается в зоне аэродинамической тени. Цехи, выделяющие наибольшее количество вредных веществ, следует располагать на краю производственной территории со стороны, противоположной жилому массиву.

Санитарно-защитные зоны

Исходя из Санитарных норм и правил 2.2.1.5/2.1.1.567-96 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов», любые объекты, которые являются источниками выбросов в ОПС вредных веществ, а также источниками шума, вибрации, ультразвука, электромагнитных волн, радиочастот, статического электричества, необходимо в обязательном порядке отделять от жилой застройки санитарно-защитными зонами (СЗЗ). Поэтому СЗЗ стали ныне обязательными составными компонентами промышленного предприятия или иного объекта, являющихся источниками химического, биологического или физического воздействия на ОПС и здоровье человека.

СЗЗ – это зона пространства и растительности, специально выделенная между промышленным предприятием и районом проживания населения. Обеспечивая пространство для безопасного рассеивания вредных выбросов, она должна быть надлежащим образом озеленена и удовлетворять специальным гигиеническим требованиям.

В зависимости от концентрации объектов на данной территории, их мощности, условий эксплуатации, характера и количества выбрасываемых в атмосферу токсических веществ и т. п. для предприятий, производств и иных объектов установлены следующие минимальные размеры СЗЗ; предприятия 1-го класса опасности – 2000 м; 2-го – 1000 м; 3-го – 500 м; 4-го – 300 м; 5-го – 100 м. Допускается размер СЗЗ 50 м для предприятий пищевой промышленности, общественного питания, зрелищных и культурных объектов.

СЗЗ является полосой, отделяющей промышленное предприятие от селитебной территории. Селитебная зона, или жилая зона, – район населенного пункта, в пределах которого размещены жилые дома и в котором запрещено строительство промышленных, транспортных и иных предприятий, загрязняющих окружающую человека среду.

Санитарно-защитную зону нельзя рассматривать как резервную территорию предприятия и использовать для расширения промышленной площадки. На территории СЗЗ можно размещать объекты с производствами меньшего класса вредности, чем производство, для которого установлена СЗЗ, а также пожарное депо, гаражи, склады, административные здания, магазины, предприятия общественного питания, научно-исследовательские лаборатории, поликлиники, водопроводные и канализационные насосные станции, стоянки для общественного и индивидуального транспорта, линии электропередач, нефте- и газопроводы, объекты технического водоснабжения. На территории СЗЗ нельзя размещать: детские учреждения, школы, лечебно-профилактические и оздоровительные учреждения, стадионы и спортивные площадки, жилые здания.

Функции зеленых насаждений многообразны. Они не только обогащают воздух кислородом, создают благоприятный микроклимат, но и способствуют рассеиванию вредных веществ и поглощают их.

При озеленении территории промышленных предприятий и их СЗЗ, обочин дорог обычно выбирают древесные, кустарниковые, цветочные и газонные растения в зависимости от климатического района, характера производства и эффективности данной породы для очистки воздуха, а также ее устойчивости к вредным газам. Установлено, что наиболее стойкими являются, например, акация белая, атлант высокий, клен ясенелистовый.

Эффективность озеленения характеризуют следующие данные: хвоя одного гектара елового леса улавливает 32 т пыли, листва букового леса – 68 т. На расстоянии 500 м от предприятия при отсутствии озеленения загрязнение воздуха диоксидом серы, сероводородом и диоксидом азота в 2 раза ниже, чем непосредственно у источника загрязнения, а при наличии озеленения ниже в 3-4 раза (Гась и др., 1990).

Снижение негативного воздействия промышленных предприятий на атмосферу

Проблему снижения поступления вредных веществ в атмосферу на действующих ТЭС решают в основном двумя способами: использованием технологических методов подавления образования вредных веществ и установкой пылегазоочистного оборудования.

К технологическим методам следует отнести: экологическое совершенствование технологии производства; снижение температурного уровня в топке; рециркуляция дымовых газов; впрыск влаги или пара в топку; ступенчатая подача топлива; снижение избытка воздуха в топке; предварительный подогрев топлив до 700° С; технология кипящего слоя.

Чтобы предотвратить выброс золы в атмосферу и защитить дымососы котлов от абразивного износа, на электростанциях осуществляется очистка

газов в золоуловителях: механических (циклоны, центробежные скрубберы, тканевые фильтры и др.) и электрических (электрофильтры).

В настоящее время выбор газоочистного оборудования, применяемого на действующих предприятиях, базируется на следующих основных положениях.

Газообразные выбросы имеют различные физико-химический состав и технологические параметры в зависимости от реализуемого процесса. Пылеулавливающие же аппараты рассчитаны на работу в строго определенных технологических режимах (температура и влажность газов, концентрация, дисперсность; физико-химические свойства взвешенных в газах частиц и др.), которые колеблются в довольно узком диапазоне. Поэтому для обеспечения эффективной очистки газов необходимо в каждом конкретном случае осуществить подготовку газов к очистке путем их предварительной обработки с таким расчетом, чтобы технологические параметры газов соответствовали оптимальным характеристикам газоочистных аппаратов, в которых они будут подвергаться очистке. Только в том случае, когда каждый пылеуловитель, входящий в состав системы очистки газов, будет работать в оптимальном режиме, на который он рассчитан, можно добиться высокой эффективности, надежности и рентабельности газоочистки.

Подготовка газов к очистке от взвешенных частиц обычно производится в следующих направлениях: охлаждение запыленных газов; укрупнение частиц пыли с помощью различных механизмов коагуляции; снижение концентрации взвешенных частиц посредством предварительной очистки газов в простых неэнергоёмких аппаратах; увлажнение запыленных газов за счет их испарительного охлаждения (в случае применения электрической или мокрой систем очистки). Степень очистки газа от пыли при работе аппарата в оптимальных условиях определяется главным образом размером улавливаемых частиц пыли.

Из приведенных данных следует, что даже для улавливания очень тонких пылей с частицами размером до 1 мкм может быть подобран аппарат, обеспечивающий высокую степень очистки газа. Так, аппараты I класса (электрофильтры, скрубберы Вентури, рукавные фильтры) очищают такие газы от пыли на 86-99%. Более крупные частицы (5-50 мкм) можно выделять из газового потока на 87-100% с меньшими энергетическими затратами (в орошаемом циклоне или в скруббере).

При выборе газоочистного оборудования практически всегда приходится решать вопросы экономичности процесса очистки газов. Здесь важно выполнить следующее требование: аппаратурно-технологическая схема очистки газов должна компоноваться из таких аппаратов, которые при работе в оптимальных условиях обеспечивают необходимую степень очистки при минимальных затратах на очистку 1000 м³ газа. При этом необходимо учитывать, что, как показывает практика, во всех случаях затраты резко возрастают

Таблица 4.16

Степень улавливания пыли в различных аппаратах

Аппарат	Степень улавливания фракций пыли, %		
	50 мкм	5 мкм	1 мкм
Циклон	95	27	8
Орошаемый циклон	100	87	42
Скруббер с орошающей насадкой	99	98	58
Скруббер с плавающей насадкой	10	97	80
Электрофильтр сухой	99	99	86
Электрофильтр мокрый	99	98	92
Скруббер Вентури среднеэнергетический	100	99	90
Высокоскоростной скруббер Вентури	100	99	92
Тканевый фильтр с обратной продувкой	100	99	99

по мере повышения степени улавливания вредной примеси из газа. Так, относительная стоимость очистки 1000 м³ газа в аппаратах грубой очистки (циклонах) составляет 0,5-0,6 единицы при степени очистки газа от пыли, равной $\eta = 50-70\%$. Вместе с тем она составляет единицу для электрофильтра при $\eta = 80\%$, повышается в 2,8 раза при увеличении требуемой степени очистки до 99% и в 3,5 раза – до 99,5%. Таким образом, каждый последующий процент повышения степени очистки газа достигается все более дорогой ценой.

Поэтому необходимо стремиться всемерно облегчать работу аппаратов тонкой очистки газов, выделяя из них пыль в более экономичных аппаратах грубой очистки.

В общем виде возрастание стоимости очистки газов от пыли в зависимости от степени очистки газа характеризуется следующим уравнением:

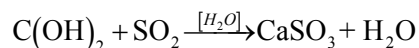
$$I - \eta = e^K,$$

где η – степень улавливания пыли; $1-\eta$ – величина, пропорциональная количеству остаточной (неуловленной) пыли; K – стоимость пылеулавливающей установки.

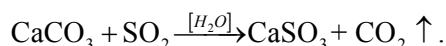
Отсюда следует, что для улавливания, например, 90 г. пыли из содержащихся в исходном газе 100 ($\eta = 0,9$) нужна установка стоимостью K рублей, для доулавливания следующих 9 г пыли ($\eta = 0,99$) нужна установка стоимостью $2K$, следующих 0,09 г ($\eta = 0,999$) – установка стоимостью $4K$ и т.д.

Таким образом, для улавливания 1 г пыли на конечной стадии тонкого пылеулавливания требуется затрат в $\frac{4K \cdot 90}{0,9K} = 400$ раз больше, чем улавливания 1 г пыли в начальной стадии.

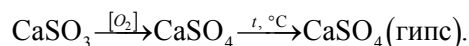
Более сложная картина наблюдается при химической очистке газов. Но и в этом случае, используя мокрые аппараты — абсорберы и применяя в качестве орошающей жидкости наиболее эффективный сорбент (воду, известковое молоко, щелочные, содовые растворы и т.п.), можно выделять из них газообразные компоненты (HCl, HF, Cl₂, SO₂ и др.) с достаточно высокой эффективностью (96-99%). **Мокрый известняковый (известковый) способ** наиболее разработан и распространен на электростанциях США, Японии, ФРГ, в некоторых странах СНГ. В качестве адсорбента SO₂ используется известь Ca(OH)₂ или известняк CaCO₃:



или



Образующийся сульфит кальция CaSO₃ доокисляется до CaSO₄ и после термической обработки используется в качестве строительного материала:



На рис. 4.5 изображена принципиальная схема одного из вариантов известнякового метода очистки.

Дымовые газы вначале поступают в золоуловитель 1, затем направляются в скруббер 3 для очистки от SO₂. Скруббер орошается водой, содержащей мелкораздробленный CaCO₃. Очищенные газы освобождаются от брызг раствора в брызгоуловителе 4 и, пройдя теплообменник 5, выбрасываются в атмосферу через дымовую трубу. Суспензия CaCO₃ направляется на орошение скруббера. По истечении времени, когда концентрация твердых частиц достигает 10-15 % массы жидкости, часть суспензии выводится из цикла для получения товарного продукта — гипса.

Недостатки данного метода: температура уходящих газов снижается со 130 до 50 °С (необходим поэтому подогрев их для обеспечения рассеивания после выхода из дымовой трубы); образуются сточные воды.

Озонный способ одновременной очистки дымовых газов от оксидов серы и азота разработан в СССР и испытан на Молдавской ГРЭС. Дымовые газы от энергоблока, пройдя очистку от золы в мокром золоуловителе,

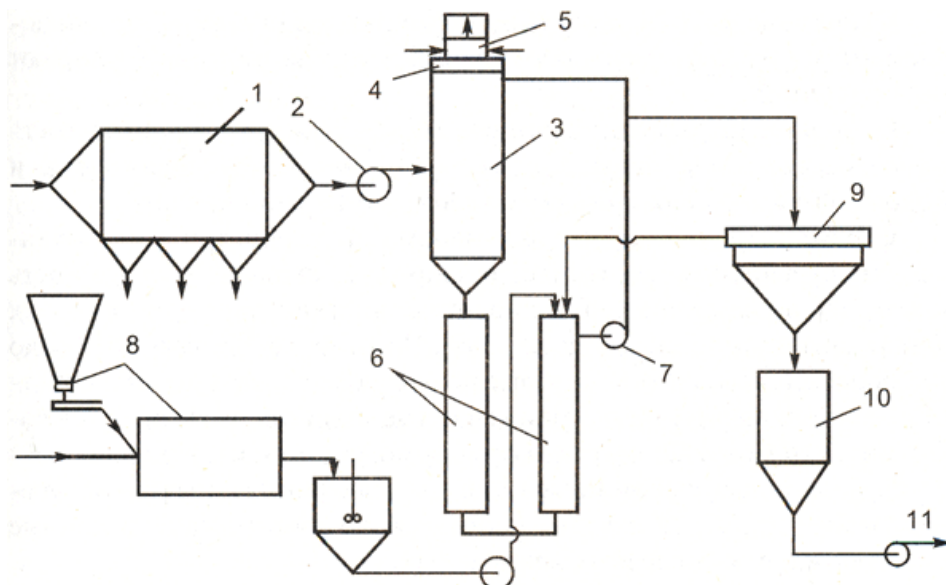
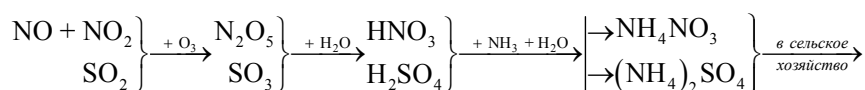


Рисунок 4.5 – Принципиальная схема очистки дымовых газов с SO_2 известняковым способом: 1 – золоуловитель; 2 – дымосос; 3 – скруббер; 4 – брызгоуловитель; 5 – подогреватель; 6 – емкости; 7 – циркуляционный насос; 8 – установка для приготовления суспензии; 9 – сгуститель; 10 – емкость для шлама; 11 – сброс шлама в золоотвал

направляются в абсорбер, куда одновременно подаются орошающая жидкость и озон O_3 . Вследствие окисления последним низшие оксиды NO и NO_2 переходят в высший N_2O_5 . Одновременно окисляется и SO_2 до SO_3 . В контакте с водой образуется смесь азотной и серной кислот, которую нейтрализуют аммиачной водой. Полученные в результате реакции нитрат и сульфат аммония выводят из цикла для последующего использования в качестве удобрений:



Одновременно эти удобрения обогащаются биогенными микроэлементами из золы (медь, бор, магний и др.), которые стимулируют рост растений.

Основные недостатки озонного метода: высокая энергоемкость производства озона, достигающая 6-10 % мощности энергоблока, и коррозионная агрессивность смеси серной и азотной кислот.

Для обезвреживания отходящих газов, содержащих различные углеводородные горючие компоненты, наиболее предпочтительными являются каталитические и термические способы, которые с высокой эффективностью

осуществляются в соответствующих каталитических или термокatalитических реакторах.

Для очистки дымовых газов от оксидов азота возможно использовать различные (рис. 4.5)

Некоторые вредные вещества, такие как пары ртути, выделяют из газовой фазы адсорбционным способом, используя, например, цеолиты или активированные угли (предварительно пропитанные различными химическими реагентами: нитратом серебра, хлоридом железа, серой, хлорирующими веществами и др.), обладающие свойством сорбировать на своей поверхности ту или иную примесь.

Следует подчеркнуть, что при любом методе очистки дымовых газов она существенно усложняет и удорожает схему ТЭС. Стоимость последней в зависимости от технологии очистки и эксплуатационных затрат может увеличиться на 10-30 %. Поэтому перспективны только те процессы газоочистки, которые позволяют получать ценные сопутствующие продукты, легко применяемые в других отраслях. Нет сомнения, что в перспективе золоотвалы могут стать основой для получения многих ценных металлов: магния, алюминия, молибдена, урана, титана и др. Это не отходы, а пока не востребованные техногенные «месторождения» полезных ископаемых.

За рубежом большое внимание уделяется предварительной (перед сжиганием) обработке углей, их «облагораживанию». В первую очередь удаляют серу из высокосернистых углей, содержащих более 3 % серы. В США, например, более 50 % от всех углей, направляемых на ТЭС, подвергают предварительной очистке, а в Норвегии еще в 1978 г. был принят закон, в соответствии с которым могут применяться только угли с содержанием серы менее 1 %.

Таким образом, при выбросе и обосновании аппаратурно-технической схемы очистки промышленных выбросов от содержащихся в них твердых и газообразных компонентов необходимо решить следующие три основные задачи: 1) выбрать из всего многообразия существующих аппаратов пылегазоочистки наиболее рациональный или, лучше всего, скомпоновать из нескольких аппаратов многоступенчатую схему очистки газа; 2) подобрать оптимальные технологические режимы работы каждого из аппаратов с учетом конкретных физико-химических свойств очищаемого газа (температуры, состава, свойств пыли и др.); 3) разработать способ утилизации уловленных компонентов с получением товарного продукта или, как минимум, обезвредить их, чтобы предотвратить вредное воздействие отходов производства на окружающую среду.

При решении второй части единой задачи – утилизации уловленных продуктов – часто возникают непреодолимые трудности. Они обусловлены как объективными факторами (эта задача часто выступает как межотраслевая, для ее решения требуются более высокие капиталовложения и т.п.), так и факторами организационного порядка (отсутствие площадей на действующей

щих предприятиях, недостаточные экономические рычаги для побуждения хозяйственников к утилизации отходов, фактически по доизвлечению компонентов, отсутствие системы штрафов за сброс отходов производства на свалку, где они являются источником вторичного загрязнения среды).

При разработке вопросов по использованию отходов газоочистных систем специалисты должны хорошо знать технологические процессы, реализуемые на родственных предприятиях черной и цветной металлургии и ряда других отраслей. И, если не удастся вернуть уловленный продукт в свой технологический процесс, необходимо подобрать другой процесс, где этот продукт будет служить в качестве исходного сырья для получения нового продукта с иными потребительскими свойствами.

Все аппараты очистки как сухого, так и мокрого типа подвержены такому свойству, как подсос воздуха в местах соединений, уплотнений, а также в местах абразивного износа, в результате чего резко снижается степень очистки отходящих газов.

Каждый из аппаратов работает при определенных, довольно жестких условиях, а именно:

- ограниченные интервалы температур;
 - определенная концентрация пыли в очищаемом газе, превышение которой выводит аппарат из строя,
- ограниченность по производительности очистки;
- жесткие условия для скорости прохождения газа в аппаратах, при больших или меньших скоростях уменьшается их эффективность и степень очистки;
- подверженность атмосферным воздействиям: коррозия, линейные расширения при сезонном перепаде температур;
- подверженность агрессивным свойствам отходящих газов, необходимость изготовления из дорогих коррозионностойких материалов;
- конструкционные особенности — сложность в изготовлении, большие габариты, например электрофильтры высотой до 15 метров;
- сложность в эксплуатации;
- большие затраты на эксплуатацию.

Все существующие очистные системы являются частью разомкнутой системы с выбросом в атмосферу до 10% пыли и еще большее количество газов: SO₂, NO₂, CO, CO₂, фенолов, канцерогенных веществ и др.

Подземная универсальная система утилизации

На основе анализа данных о развитии тенденций и техники в области применения замкнутых систем и ограниченного пространства для утилизации отходов, пришло время развития и внедрения этого прогрессивного про-

екта для большинства промышленных предприятий в наиболее экологически неблагоприятных регионах.

Для полного контроля и утилизации выбросы отходящих газов промышленных предприятий должны отводиться в специально созданную подземную универсальную систему утилизации (ПУСУ), показанную на рис. 4.6.

Подземная универсальная система утилизации (ПУСУ) может быть внедрена для:

- одного предприятия – металлургический комбинат, ТЭС, химический комбинат, строительный комбинат, цементный завод и другие промышленные объекты;
- нескольких близлежащих предприятий;
- предприятий всего промышленного региона.

Утилизация отходящих газов одного предприятия. Наиболее оптимальное и безболезненное внедрение новых решений должно учитывать уже существующие методы и технику очистки отходящих газов промышленных предприятий как с чисто технической, так и экономической стороны. ПУСУ может использоваться в тех случаях, когда:

ПУСУ дополняет уже существующие очистные системы неблагоприятных предприятий;

ПУСУ частично заменяет существующие очистные системы;

ПУСУ производит всю очистку и полностью заменяет существующую систему.

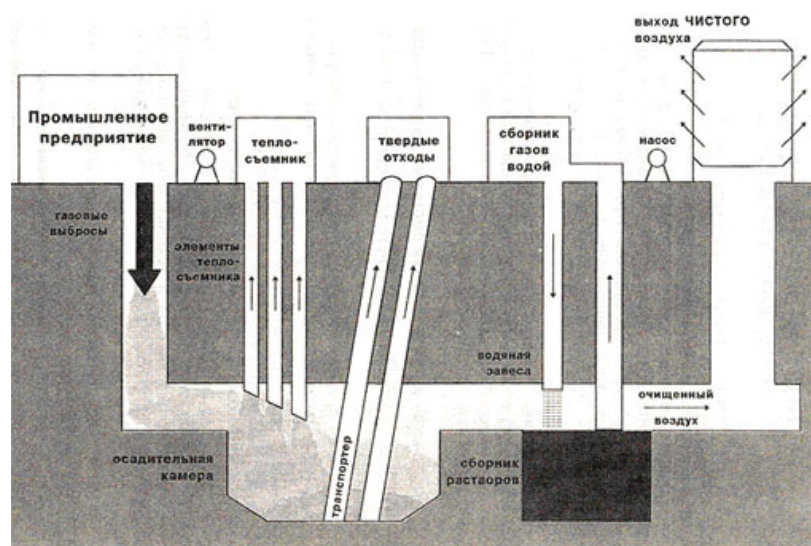


Рисунок 4.6 – Подземная универсальная система утилизации

Конструктивно ПУСУ представляет из себя замкнутую систему, состоящую из:

- отводящего тоннеля;
- осадительных камер;
- тоннелей возврата газов и аэрозолей;
- теплообменников (утилизаторов тепла);
- блоков очистки;
- блоков обезвреживания газов.

Реальная схема ПУСУ показана на рис 2.2, где в качестве примера взят металлургический комбинат. *Размеры и материалы тоннелей должны отвечать требованиям оптимальной утилизации отходящих аэрозолей и дальнейшей их переработки в качестве вторичного сырья.*

Для большинства предприятий, отравляющих атмосферу, характерны: агрессивная среда газа или аэрозолей и повышенные температуры. На основании исследований, проведенных на многих металлургических комбинатах, выработаны рекомендации для материалов газоходов, работающих в различных режимах.

В варианте полной замены существующих очистных систем размеры тоннелей осадительных камер должны обеспечить полную переработку отходящих газов, аэрозолей. Для крупного металлургического предприятия, как, например, Липецкий металлургический комбинат, количество выбрасываемой при технологических процессах пыли составляет 200 т в сутки, из них 1-10% попадает в атмосферу. Работающие в настоящее время очистные системы улавливают 90-92%, т.е. 16-20 т пыли ежедневно отравляют окружающую среду.

Размеры осадительных камер и транспортных систем удаления осевшей пыли должны быть рассчитаны на переработку 250-300 т пыли в сутки.

Размеры и производительность остальных камер и блоков должны обеспечивать требуемую очистку и утилизацию обеспыленных газов. ПУСУ позволяет возвращать часть газовых выбросов на предприятия. В вторичного использования аэрозолей и пыли в различных цехах целесообразно возвращать эти выбросы без предварительной очистки. Цеха, требующие определенного состава газов и определенной запыленности, обеспечиваются частично очищенными газовыми выбросами предприятия. Такая схема позволяет наиболее оптимально использовать газовые выбросы, не затрачивая больших средств на их очистку.

Как видно из схемы (рис. 4.6), ПУСУ является замкнутой системой с частичным выбросом очищенного воздуха в атмосферу. Основная часть газов возвращается в систему.

Большая часть очищенных газов идет на вторичное использование в различные цеха предприятия. Возникает новая воздухооборотная замкнутая

система, позволяющая утилизировать до 99% всех полезных для промышленности и опасных для биосферы отходящих аэрозолей, пылей и газов.

ПУСУ позволяет применять все разработанные учеными и производственниками методы очистки и вторичного использования пылей, аэрозолей и газов.

Основной особенностью ПУСУ является полный контроль за отходящими газами и неограниченное время их очистки, ввиду многократного прохождения газа по замкнутому кольцу, что позволяет многократно проводить один и тот же процесс – осаждение в нескольких осадительных камерах, абсорбцию газов жидкостями в блоках абсорбции и других процессах. Появляется понятие технический воздух, подобно технической воде в водооборотных системах, где расход воды составляет около 20 %.

В подземных универсальных системах утилизации целесообразно применять уже разработанные и экономически оправданные методы очистки отходящих газов: осаждаемые, инерционные пылеулавливающие методы, электрофильтрация, как в сухом виде, так и в мокром, магнитосодержащие, абсорбционные, каталитические, а также фильтрация. Кроме уже имеющихся методов очистки и обезвреживания отходящих газов и сточных вод, учитывая специфику подземных систем, возможно применение радиационных технологий.

Большинство выпускаемого отечественной промышленностью и зарубежными фирмами оборудования применимо для оснащения ПУСУ без дополнительной модернизации, однако некоторые виды оборудования целесообразно модернизировать для условий работы в утилизационных системах.

Материалом для отводящего тоннеля ПУСУ могут служить бетонные конструкции, хорошо работающие в агрессивных средах и повышенных температурах, а именно: до температуры 60°C бетонные конструкции могут работать в течение долгого времени без специальной защиты (бетон марки 400 класс В30).

В интервале температур от 60 до 150°C бетонные конструкции должны иметь повышенную плотность, которая достигается за счет подбора состава бетона, а также увеличения его защитного слоя на 10-15 мм.

В интервале температур от 150 до 450°C бетонные конструкции защищаются штукатуркой специального состава. Наполнитель – асбест 5-го сорта Н-5-60 в количестве одной весовой части и портландцемент марки 500 в количестве двух весовых частей.

В интервале температур от 450 до 600°C бетонные конструкции защищаются двойным слоем – асбоцементной штукатуркой по асбестопермитовой изоляции. Асбестопермитовая изоляция состоит из асбеста Н-5-60, пермитового песка и калиевого жидкого стекла. Эта смесь покрывается асбестовой штукатуркой.

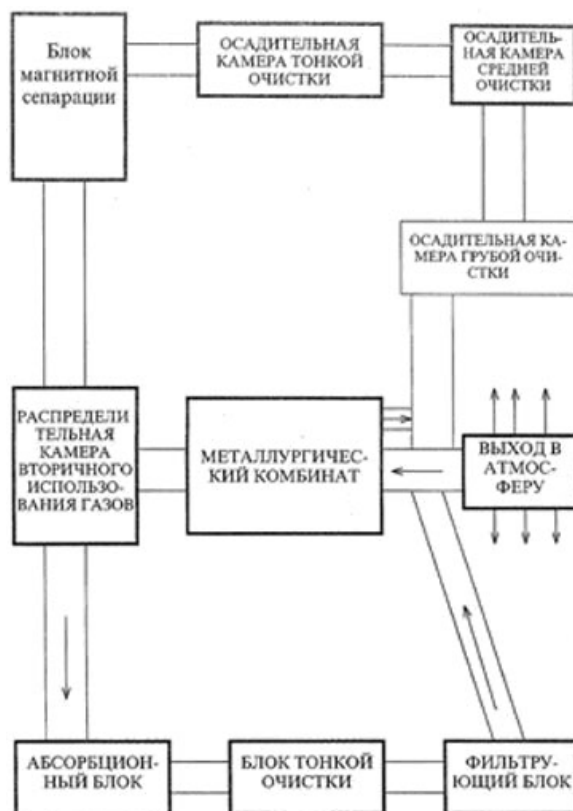


Рисунок 4.7 – Металлургический комбинат, как пример подземной универсальной системы утилизации

От 600 до 800°C целесообразно для отводящего тоннеля применять сборные плиты из экостойкого бетона. Свыше 800°C конструкцию тоннеля необходимо защищать огнеупорным кирпичом.

Размеры тоннеля, в случае полной замены старых очистных систем, должны отвечать требованиям пропускной способности всего объема отходящих газов и для разных предприятий будут различными. Наиболее оптимальными будут размеры существующих отводных шахт и газоходов.

В случае частичной замены старых очистных систем или же их дополнения размеры тоннеля целесообразнее уменьшать.

Литература

1. Путилов В. Я. Экология энергетики: Учеб. пособие / Под. общ. ред. В. Я. Путилова. – М.: Изд-во МЭИ, 2003. – 716 с.
2. Промышленная экология: Учебное пособие / Под ред. В.В. Денисова. – М: ИКЦ «МарТ»; Ростов н/Д: Издательский центр «МарТ», 2007. – 720 с

5. СБРОСЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ В ГИДРОСФЕРУ, ЗОНЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ, СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ

Тенденции промышленного загрязнения гидросферы

Загрязнение природных вод. Основной причиной современной деградации природных вод Земли является антропогенное загрязнение. Главными его источниками служат:

- сточные воды промышленных предприятий;
- сточные воды коммунального хозяйства городов и других населенных пунктов;
- стоки систем орошения, поверхностные стоки с полей и других сельскохозяйственных объектов;
- атмосферные выпадения загрязнителей на поверхность водоемов и водосборных бассейнов. Кроме этого неорганизованный сток воды осадков («ливневые стоки», талые воды) загрязняет водоемы существенной частью техногенных терраполлютантов.

Антропогенное загрязнение гидросферы в настоящее время приобрело глобальный характер и существенно уменьшило доступные эксплуатационные ресурсы пресной воды на планете. Общий объем промышленных, сельскохозяйственных и коммунально-бытовых стоков достигает 1300 км^3 (по некоторым оценкам, до 1800 км^3), для разбавления которых требуется примерно $8,5 \text{ тыс. км}^3$ воды, т.е. 20% полного и 60% устойчивого стока рек мира. Причем по отдельным водным бассейнам антропогенная нагрузка гораздо выше средних глобальных значений.

Общая масса загрязнителей гидросферы огромна - около 15 млрд. т. в год (табл. 5.1). К наиболее опасным загрязнителям относятся соли тяжелых металлов, фенолы, пестициды и другие органические яды, нефтепродукты, насыщенная бактериями биогенная органика, синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ) и другие моющие средства, минеральные удобрения.

Кроме химического загрязнения водоемов определенное значение имеют также механическое, термическое и биологическое загрязнение. Для определения опасности нарушений поверхностных природных водоемов важен еще и объем безвозвратного водопотребления. В основе оценки опасности всех видов нарушений лежит общий принцип, основанный на определении объемов загрязненных стоков (или изъятых вод) и размеров превышений их нормативных уровней. Опасность i -го нарушения, например химического, рассчитывается по уравнению:

$$D_i = V_i \frac{W_i}{N_i}, \quad (5.1)$$

где D_i - величина техногенной опасности для нормального состояния водоема, выраженная в тыс. м³ чистой воды, необходимых для устранения опасности - разбавления вредных стоков; V_i - объем загрязненного стока, тыс. м³; W_i - величина нарушения - концентрация максимально опасного загрязнителя в стоке, мг/л; N_i - нормативное значение нарушения - ПДК максимально опасного загрязнителя в водоеме рыбохозяйственного назначения, мг/л.

Аналогично рассчитываются значения опасности других видов нарушений.

По происхождению сточные воды подразделяются на несколько групп: 1) хозяйственно-бытовые; 2) промышленные; 3) поверхностный сток предприятий и населенных пунктов; 4) сельскохозяйственные; 5) рудничные и шахтные воды. Каждая группа имеет свой специфический состав, в котором преобладает определенная ассоциация загрязняющих веществ (А.Ф. Порядин, А.Д. Хованский, 1996 г.).

Хозяйственно-бытовые воды содержат большое количество органических и минеральных веществ в растворенном и взвешенном состоянии. Они образуются в жилых и общественных зданиях, на предприятиях, при приготовлении пищи, после санитарных уборок, стирок и т. п. Подсчитано, что от одного жителя в сутки поступает в систему водоотведения загрязнений: взвешенных веществ – 65 г; органических в неосветленной жидкости – 70, в осветленной – 40; азота аммонийного – 8, фосфатов – 3,3, в т. ч. от моющих веществ – 1,6; хлоридов – 9; ПАВ – 2,5 г.

Таблица 5.1

Ориентировочные количества массовых загрязнений океана и континентальных вод планеты

Группы веществ	Млн. т/год
Затонувшие суда, плавающий и погруженный мусор	1300
Взвешенные вещества техногенного происхождения	1400
Растворенные неорганические вещества	400
в том числе минеральные удобрения	680
соли тяжелых металлов	93
Синтетические органические вещества	2500
в том числе моющие средства, СПАВ	15
фенолы и другие циклические углеводороды	5
пестициды	2
Биогенная органика	1200
Нефтепродукты	12
Аэрогенные выпадения техногенной природы (пыль)	1800

Среди всех видов загрязненных водоемов наибольшее вредное воздействие вызывают **промышленные сточные воды**. Схема образования сточных вод представлена на рис. 5.1. Составители этой схемы (СВ. Яковлев, А.К. Стрелков, А.А. Мазо, 1998 г.) подчеркивают, что все процессы переработки и отходов непременно требуют участия энергии, производство которой в современной тепло- и электроэнергетике принципиально не может быть безотходным, так как горение есть необратимый процесс.

Промышленные сточные воды отличаются большим разнообразием состава и концентрацией загрязняющих веществ, определяемых характером производства, а также системой водоснабжения и водоотведения.

На промышленных предприятиях до 90 % воды расходуется на охлаждение продуктов или аппаратов в технологических процессах, и сточная вода имеет лишь тепловое загрязнение (I категория). II категория устанавливается, когда воды служат в качестве поглощающих и транспортирующих нерастворимые дисперсные примеси и частично растворимые соли, которыми и загрязняются. Воды III категории аналогичны по происхождению II, но дополнительно нагреваются при контакте с продуктами. Воды IV категории являются непосредственно реагентами и загрязнены всеми компонентами технологического процесса.

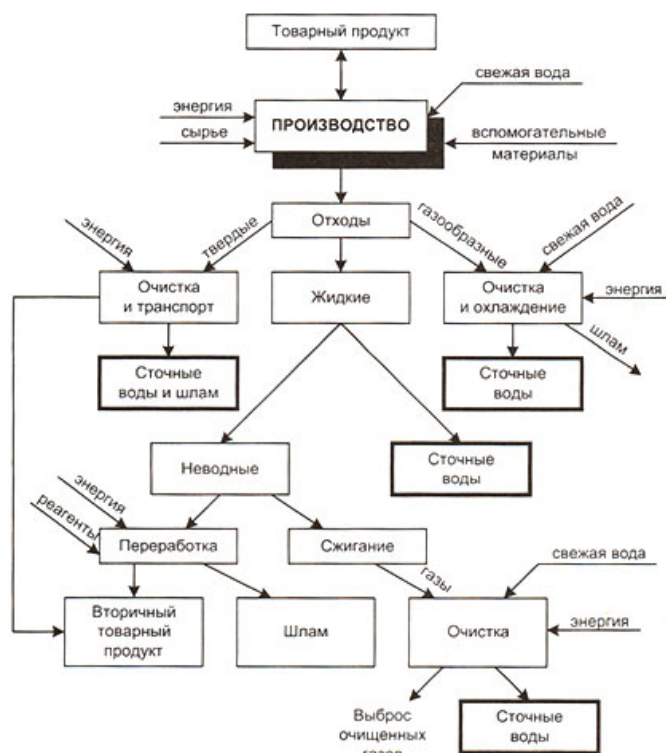


Рисунок 5.1 – Схема образования сточных вод в процессе материального производства

Сточные воды предприятий **по составу** подразделяются на 3 вида:

- **производственные** – использованные или сопутствующие технологическому процессу, которые в свою очередь можно разделить на загрязненные и нормативно чистые;
- **бытовые** – от санитарных узлов и пищеблоков, душевых установок;
- **атмосферные** – дождевые, талые, к ним можно отнести и поверхностные после полива территорий.

Характер загрязнения производственных сточных вод в основном определяется профилем предприятия, составом перерабатываемых материалов, сырья и видом выпускаемой продукции.

Все многообразие производственных сточных вод **по характеру основных загрязнений** можно отнести к 3 группам:

- содержащие минеральные примеси (металлургия, машиностроение, производство строительных материалов, минеральных кислот, удобрений и т. д.);
- содержащие органические примеси (мясная, рыбная, консервная, пищевая промышленность и т. д.);
- содержащие органоминеральные примеси (нефтедобывающие, нефтеперерабатывающие, текстильные и др. предприятия).

Поверхностный сток промышленных предприятий и населенных пунктов формируется за счет дождевых, талых и поливочных вод. К основным факторам, определяющим его объем, относятся: 1) интенсивность выпадения атмосферных осадков и их продолжительность; 2) общая площадь городской территории, характер ее застройки; 3) рельеф местности.

Концентрация загрязняющих веществ и поверхностном стоке колеблется в широких пределах и зависит от отраслевой принадлежности предприятий. В целом преобладают взвешенные (130-11300 мг/л), органические вещества, нефтепродукты, биогенные элементы, тяжелые металлы.

Загрязненность сточных вод органическими веществами, как известно, характеризуется тремя показателями: БПК, ХПК, ООУ.

БПК – биохимическая потребность в кислороде – опосредованный показатель содержания органических веществ – характеризует необходимое количество кислорода для микробного окисления биологически окисленных органических веществ.

Различают БПК_{полн}, БПК₂₀, БПК₁₀, БПК₅, соответственно обозначающие, сколько кислорода израсходовано на полное окисление органических веществ в течение 20, 10 и 5 суток.

ХПК – химическая потребность в кислороде – также опосредованный показатель – характеризует необходимое количество кислорода для химического окисления всех органических веществ, а заодно и восстановленных неорганических (аммонийный азот, сульфиды, сульфиты т. д.).

ООУ – общее содержание органического углерода, характеризует суммарную концентрацию органических веществ.

Если в одной и той же пробе определить эти характеристики, то они выстроятся в убывающий ряд: $XPK > OOU > BPK$.

Способность сточных вод к биохимической очистке характеризуется **биохимическим показателем Б**, т. е. отношением $BPK_{\text{п}}/XPK$.

По биохимическому показателю и токсичности промстоки подразделяются на 4 группы:

1) $B > 0,2$: к ним относятся сточные воды пищевой, нефтехимической и других отраслей промышленности, органические загрязнения которых не токсичны для микробных ценозов;

2) $0,02 \leq B \leq 0,1$: промстоки коксохимических, азотнотуковых содовых и некоторых других производств. Эти воды после предварительной механической очистки могут быть направлены на биохимическое окисление;

3) $0,001 \leq B \leq 0,01$: к этой группе принадлежат промстоки процессов сульфирования, хлорирования, масел и ПАВ, сернокислотного производства, черной металлургии, тяжелого машиностроения и др. После предварительной очистки на локальных очистных сооружениях данные стоки могут быть направлены на биохимическое окисление;

4) $B < 0,001$: промстоки этой группы в основном загрязнены минеральными (дисперсными) веществами и подлежат преимущественно механической очистке.

Условия выпуска сточных вод в водоемы определяются Правилами охраны поверхностных вод от загрязнения. Согласно этим правилам водные объекты, используемые для хозяйственно-бытовых и культурно-бытовых целей, относятся соответственно к двум категориям: первая – источники хозяйственно-питьевого водоснабжения предприятий пищевой промышленности; вторая – объекты для спорта, купания и отдыха населения.

Водные объекты, используемые для рыбохозяйственных целей, также разделяются на две категории: к первой отнесены водоемы и водотоки, обеспечивающие сохранение и воспроизводство ценных видов рыб с высокой чувствительностью к содержанию в воде кислорода, ко второй – остальные рыбохозяйственные водные объекты.

Общие требования к составу и свойствам воды в водоемах после выпуска в них СВ, подвергшихся необходимой очистке, приводятся в табл. 5.2.

ПДК того или иного вещества в водоеме устанавливается по тому признаку вредного действия (влияние на здоровье населения, на органолептическое или общесанитарное состояние водоема), который характеризуется наименьшей пороговой концентрацией. Указанный лимитирующий признак вредности (ЛПВ) должен всегда сопровождать ПДК, характеризуя ее с основной качественной стороны (табл. 5.3 и 5.4).

Таблица 5.2

Допустимые изменения состава воды в водоемах после выпуска в них сточных вод

Показатели состава воды после выпуска в них сточ- ных вод	Требования к составу воды в водоеме			
	хозяйственно- питьевого и культурно- бытового назначения		рыбохозяйственного на- значения	
	категории		категории	
	I	II	I	II
	Допускается увеличение не более, чем на			
Взвешенные вещества, мг/л	0,25	0,75	0,25	0,75
Растворенный кислород, мг/л	≥ 4		≥ 6	
БПК*, мг/л	Не должно превышать количество			
	3	6	3	6

*БПК – биохимическая потребность воды в кислороде, служит количественным показателем загрязненности воды органическими веществами, которые способны к биохимическому окислению в присутствии растворенного кислорода. БПК не эквивалентна общей концентрации органического вещества в воде. Такой концентрации эквивалентна химическая потребность воды в кислороде (ХПК) и только в том случае, если данное вещество может окисляться бихроматом, БПК составляет лишь часть ХПК: для одних веществ большую, для других – меньшую. Для веществ, не способных к биохимическому окислению (биохимически жестких), БПК вообще равна нулю при достаточной большой ХПК.

Таблица 5.3

Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения

Наименование ингредиента	ЛПВ	ПДК, мг/л
Нефтепродукты	Органолептический	0,1
Железо	-----“-----	0,3
Медь	-----“-----	1,0
ПАВ	-----“-----	0,5
Марганец	-----“-----	0,1
Кобальт	Санитарно-токсикологический	0,1
Никель	-----“-----	0,1
Азот нитритов	-----“-----	3,3
Свинец	-----“-----	0,03
Формальдегид	-----“-----	0,05
Азот аммиака	-----“-----	2,0
Метанол	-----“-----	3,0
Хром	-----“-----	0,5

Таблица 5.4

Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воде водных объектов, используемых для рыбохозяйственных целей

Наименование ингредиента	ЛПВ	ПДК, мг/л
Азот аммиака	Токсикологический	0,05
Азот нитритов	-----“-----	0,08
Кобальт (Co^{2+})	-----“-----	0,01
Железо	-----“-----	0,1
Никель (Ni^{2+})	-----“-----	0,01
Цинк (Zn^{2+})	-----“-----	0,01
Формальдегид	-----“-----	0,1
Марганец	-----“-----	0,01
Метанол	-----“-----	0,1
Свинец	-----“-----	0,1
Нефтепродукты	Рыбохозяйственный	0,05

Научно обоснован принцип гигиенического нормирования при одновременном присутствии в воде нескольких вредных веществ, согласно которому вещества одного ЛПВ проявляют аддитивное действие. Это означает, что общее воздействие двух или нескольких веществ одного ЛПВ (содержащихся в предельно допустимой концентрации каждое) будет таким же, как если бы какое-нибудь из них, присутствуя в воде в единственном числе, содержалось в количестве двух или нескольких ПДК. Данное положение в Правилах охраны поверхностных вод зафиксировано в следующей форме: при поступлении в водоем нескольких веществ с одинаковым ЛПВ сумма отношений этих концентраций ($C_1, C_2, \dots, C_n$) каждого из веществ в расчетном створе к соответствующим ПДК не должна превышать единицы, т. е.

$$\frac{C_1}{\text{ПДК}_1} + \frac{C_2}{\text{ПДК}_2} + \dots + \frac{C_n}{\text{ПДК}_n} \leq 1.$$

Отмеченные состав и свойства воды водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования должны соответствовать нормативным требованиям в створе, расположенном на водотоках в одном километре выше ближайшего по течению пункта водопользования (водозабор для хозяйственно-питьевого водоснабжения, места купания, организованного отдыха, территория населенного пункта и т. д.). Состав и свойства рыбохозяйственных водоемов должны удовлетворять рыбохозяйственным требованиям в створе, определяемом в каждом конкретном случае органами рыбоохраны, но не далее, чем в 500 м от места выпуска.

Разбавление сточных вод в водоеме. Этот процесс является одним из основных факторов обезвреживания СВ, поступивших в водоем. Хотя при разбавлении общее количество поступившего в водоем загрязняющего вещества не изменяется, обезвреживающий эффект несомненен. Разбавление действует одинаково как на консервативные, так и на неконсервативные вещества. В первом случае можно снизить концентрацию загрязняющих веществ, если, конечно, вода водоема по этим веществам менее загрязнена, чем сточная жидкость. Разбавление какого-либо притока, например сточной жидкости, в речном потоке обусловлено смешением загрязненных струй со смежными более чистыми струями под влиянием турбулентного перемешивания. Вследствие этого к поступившей в водоем сточной жидкости с расходом q , $\text{м}^3/\text{с}$, присоединяется разбавляющая речная вода с расходом Q_{CM} , $\text{м}^3/\text{с}$.

Под разбавлением n подразумевается отношение суммы расходов разбавляемой q и разбавляющей Q_{CM} воды к расходу разбавляемой воды:

$$n = (q + Q_{CM})/q. \quad (5.2)$$

Расход разбавленной воды можно представить как часть полного расхода речного потока Q , т. е.

$$Q_{CM} = \gamma Q, \quad (5.3)$$

где γ – коэффициент смешения, показывающий, как часть полного речного расхода Q участвует в разбавлении сточной жидкости.

Правилами охраны поверхностных вод от загрязнения СВ принято, что в качестве расчетного расхода реки Q должен приниматься расход 95%-ной обеспеченности и в качестве расчетного принимается среднемесячный расход воды года, на который приходится среднегодовой расход 95%-ной обеспеченности.

С учетом формулы (5.2) выражение (5.3) примет вид:

$$n = (q + \gamma Q)/q. \quad (5.4)$$

В створе сосредоточенного выпуска разбавление обычно отсутствует, поскольку разбавляющая вода еще не присоединяется к сточной жидкости, поступившей в водоем. Следовательно, при этих условиях $Q_{CM} = 0$. Но поскольку расход реки Q не равен нулю, то в соответствии с формулой (5.2) должен быть равен нулю коэффициент смешения γ . В этом случае из выражения (5.2) и (5.3) следует, что разбавление $n = 1$. Таким образом, равенство

$n=1$ свидетельствует об отсутствии разбавления поступившей в водоем сточной жидкости.

По мере перемещения от створа выпуска вниз по течению к сточной жидкости будет присоединяться все большая часть расхода реки. На некотором расстоянии от выпуска эта часть станет равной полному расходу реки, т. е. $Q_{CM} = Q$. В этом случае в соответствии с формулой (5.3) коэффициент смешения γ должен быть равен 1. Очевидно, что при $Q_{CM} = Q$ наблюдается максимально возможное, полное разбавление СВ:

$$q_{полн.} = (q + Q)/q. \quad (5.5)$$

Для всего участка смешения можно записать соотношения:

$$\begin{aligned} 0 \leq l \leq l_{полн.}; & \quad 0 \leq Q_{CM} \leq Q; \\ 0 \leq \gamma \leq 1; & \quad 1 \leq n \leq n_{полн.} \end{aligned}$$

где l и $l_{полн.}$ – расстояния от выпуска до рассматриваемого створа и до створа полного смешения.

В загрязненной части речного потока концентрации загрязняющего вещества могут быть различными: в одних струях концентрации будут наибольшими, а в других – наименьшими. При этом, пока ширина загрязненной струи не станет равной ширине реки, минимально загрязненная струя будет граничить с чистой водой, и концентрация веществ в этой струе равна фоновой. В частности, значение минимальной концентрации может быть равно 0, если данное вещество отсутствовало в речной воде выше места поступления в реку СВ. На некотором расстоянии l_0 загрязненная струя коснется противоположного берега реки. Начиная с этого расстояния, для створов, имеющих l больше l_0 , минимальные концентрации начнут возрастать до створа полного смешения, в котором C_{min} будет равно C_{cp} .

Что касается максимально загрязненной струи, то в ней концентрации загрязняющего вещества начнут уменьшаться с первых же метров расстояния от створа выпуска при движении струи вниз по течению за счет непрерывного присоединения к СВ все возрастающей части расхода речной воды и смешения. Такой процесс будет продолжаться до створа полного смешения, в котором максимальная концентрация станет равной средней, одинаковой во всех элементарных струях этого створа.

Средняя концентрация определяется из соотношения:

$$C_{cp} = (q C_{CT} + Q C_{\phi}) / (q + Q), \quad (5.6)$$

где C_{CT} – концентрация загрязняющего вещества в СВ; C_{ϕ} – фоновая концентрация того же вещества в речной воде выше выпуска СВ.

Химическое и биохимическое самоочищение водоемов. Содержание поступивших в водоем загрязняющих веществ уменьшается под воздействием ряда факторов: разбавления сточных вод, с которыми эти вещества поступили в водоем; химического и физико-химического взаимодействия с другими веществами, биохимической деструкции с участием микроорганизмов. В зависимости от способности веществ подвергаться такого рода превращениям их разделяют на консервативные и неконсервативные. Количественно степень неконсервативности определяется величиной так называемого **динамического коэффициента неконсервативности вещества** k , который равен:

$$k = \beta k_1.$$

здесь k_1 – статический коэффициент неконсервативности; β – коэффициент, учитывающий влияние скорости течения, $\beta = 1$ при $v = 0$, $\beta = 5$ при $v \geq 0,2$ м/с; для промежуточных значений скорости течения, т. е. при $0 < v < 0,2$ м/с β находится интерполяцией.

Значения k_1 устанавливаются экспериментально и для ряда веществ приведены в табл. 5.5.

Комплекс процессов, приводящих к снижению концентрации загрязняющих веществ вплоть до восстановления исходного качества воды водоема (за исключением разбавления), принято называть **самоочищением водоема**.

Главную роль в самоочищении водоемов играют окислительно-восстановительные превращения органических и некоторых минеральных веществ (например, нитрификация и денитрификация, окисление сульфидов и сульфитов и т. п.)

Таблица 5.5

Коэффициенты неконсервативности некоторых веществ в статических условиях при 20°C

Вещество	k_1 , сут-1, при основании логарифма	
	е	10
Азот аммиака	0,069	0,03
Азот нитритов	10,8	4,7
Нефтепродукты	0,045	0,02
ПАВ	0,0475	0,021
Фенол	0,343	0,15
Формальдегид	1,4	0,61

Некоторые вещества могут окисляться растворенным в воде кислородом химически, особенно при инициировании этого процесса ультрафиолетовыми лучами (УФ-лучами). Однако в большинстве случаев процесс окисления имеет биохимическую природу. Даже окисление минерального вещества – цианидов до цианатов – осуществляется микроорганизмами, то есть биохимическим путем.

Разработка нормативов ПДС

Предельно допускаемые сбросы загрязняющих веществ в водоем. Сточные воды могут быть сброшены в водоем с такой концентрацией загрязняющих веществ $C_{СТ}$, при которой в контрольном створе останутся ненарушенными все нормативы качества воды $C_{нор}$. Если контрольный створ водоема находится под воздействием СВ, сбрасываемых только через один выпуск, значение $C_{СТ}$ устанавливается непосредственно расчетом:

— для взвешенных веществ

$$C_{СТ} = p \left(\frac{\gamma Q}{q} + 1 \right) + C_{\phi}; \quad (5.7)$$

где p – допустимое увеличение содержания взвешенных веществ в водоеме после спуска сточных вод, принимаемое в соответствии с Правилами охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами, мг/л;

– для растворенных консервативных веществ

$$C_{СТ} = C_{нор} + (n-1)(C_{нор} - C_{\phi}); \quad (5.8)$$

– для неконсервативных веществ

$$C_{СТ} = \frac{C_{нор}}{10^{-kt}} + \frac{(n-1)(C_{нор} - C_{\phi})}{10^{-kt}}; \quad (5.9)$$

– для БПК при обеспечении нормативной БПК в воде водоема

$$C_{СТ} = \frac{\gamma Q}{q 10^{-0,1t}} (C_{нор} - C_{\phi} 10^{-0,3t}) + \frac{C_{нор}}{10^{-0,1t}}; \quad (5.10)$$

(t здесь и выше – продолжительность перемещения воды от места выпуска до контрольного створа, сут.).

Приемлемость найденных значений C_{CT} проверяется затем расчетом концентраций загрязняющих веществ в максимально загрязненной струе контрольного створа C_{max} по следующим уравнениям:

– для консервативных веществ, включая взвешенные вещества

$$C_{max} = C_{cp} + (C_{cm} - C_{cp})e^{-\alpha\sqrt{l}},$$

– для неконсервативных веществ

$$C_{max} = \left(C_{\phi} - \frac{C_{cm} - C_{\phi}}{n} \right) e^{-kt},$$

– для БПК

$$C_{max} = \left(C_{\phi} + \frac{C_{cm} - C_{\phi}}{n} \right) 10^{-0,1t}.$$

Если C_{max} окажутся близкими к ПДК тех же веществ, т. е. $\frac{C_{max}}{ПДК} \cong 1$, то подобные значения C_{cm} вполне приемлемы, ибо они обеспечивают качество воды в водоеме на уровне нормативных требований.

Если концентрация загрязняющих веществ в сточных водах выше предельно допустимой концентрации C_{cm} , то такие воды подвергаются очистке. Они на промышленных предприятиях, как правило, проходят двухступенчатую очистку. Вначале – на локальных очистных сооружениях (ЛОС), а затем – на станции биологической очистки (городских очистных сооружениях), куда поступают также СВ жилых массивов после смешения со сточными водами промышленных предприятий. Необходимость в ЛОС обусловлена тем, что промышленные СВ могут содержать столь высокотоксичные вещества и в таких количествах, что в случае непосредственной подачи их на городские очистные сооружения в последних нарушается нормальный биоцикл микроорганизмов, способных к биохимической деструкции загрязнений. Кроме того, высококонцентрированные СВ очищаются более глубоко и с меньшими экономическими издержками, чем разбавленные.

Необходимая степень очистки СВ η определяется как отношение разности исходной концентрации загрязняющих веществ до их очистки C и предельно допустимой концентрации тех же веществ после очистки C_{cm} к исходной концентрации, %:

$$\eta = \frac{C - C_{cm}}{C} 100. \quad (5.11)$$

В качестве контрольной величины, свидетельствующей о том, что воздействие данного объекта на водоем соответствует допустимому, служит универсальная характеристика, предусмотренная Правилами охраны поверхностных вод, – лимит на сброс загрязняющего вещества. В нормативных документах его чаще называют предельно допустимым сбросом, или сокращенно ПДС, который представляет собой количество загрязняющего вещества в единицу времени:

$$ПДС = q C_{cm}.$$

Экологическая паспортизация предприятий по разделу «Водное хозяйство». На каждом предприятии-природопользователе ведется специальный учет расходов воды, используемой им для всех своих нужд, а также сбрасываемой в водные объекты. Основными документами учета являются экологический паспорт, статистический отчет по форме 2-тп (водхоз), журналы первичного учета воды ПОД-11, ПОД-12 и сброса в водные объекты ПОД-13.

Один из разделов экологического паспорта включает характеристику водопотребления, водоотведения и очистки СВ. В специально разработанных таблицах приводятся количественные показатели водопотребления: источник водоснабжения (море, озеро, река, водохранилище, канал, подземный горизонт); объем использованной воды для технических (производственных) нужд, включая объем свежей воды, поступающей на подпитку систем оборотного водоснабжения; объем воды, расходуемый на хозяйственные, бытовые и коммунальные нужды; объем воды, теряемой в результате фильтрации, испарения, утечки, аварии и т. д. К этим таблицам прилагается балансовая схема водопотребления и водоотведения с указанием часовых расходов воды на каждом производстве (участке).

Другая таблица содержит характеристику источника СВ предприятий, сбрасываемых непосредственно в поверхностные водные объекты, оценку воздействия на приемник СВ по таким показателям, как БПК, температура, водородный показатель, токсичность, масса нормированных веществ, поступающих в водные объекты. Здесь же приведены данные о водоеме – приемнике СВ: местоположение водного объекта, среднемесячный расход воды 95%-ной обеспеченности, показатели качества воды в контрольных створах выше и ниже выпуска или забора воды из водного объекта (БПК, водородный показатель, температура, взвешенные вещества, характерные для данного объекта ингредиенты). Важнейший показатель этого раздела – ПДС по каждому нормируемому веществу.

В таблице, предназначенной для оценки эффективности очистных сооружений, указывается наименование очистных сооружений и метод очистки, пропускная способность, перечень нормируемых веществ и их средняя концентрация на входе и выходе из очистных сооружений.

Контроль за соблюдением нормативов предельно допустимых сбросов предприятия. Нормативы ПДС утверждаются региональными органами Федеральной службы по надзору в сфере природопользования (Росприроднадзора). Обеспечение согласования и утверждения нормативов ПДС входит в обязанности предприятия-природопользователя.

В планы мероприятий по достижению ПДС должны входить конкретные предложения по снижению сбросов загрязняющих веществ в ОПС вплоть до полного прекращения сбросов в гидросферу. При разработке мероприятий следует отдавать приоритет внедрению экологически прогрессивных технологий с учетом достижений отечественной и зарубежной науки и практики.

Нормативы ПДС устанавливаются на срок до 3-х лет и подлежат пересмотру (переутверждению) или уточнению по планам-графикам, согласованным с органами Росприроднадзора и Ростехнадзора.

Необходимость пересмотра ранее установленных ПДС может возникнуть до истечения срока их действия при изменении экологической обстановки в регионе, появлении новых или уточнении параметров существующих источников загрязнения ОПС. Пересмотр установленных нормативов ПДС обеспечивается предприятием-природопользователем.

Контроль за достижением и соблюдением нормативов ПДС включает: определение массы сбросов загрязняющих веществ в единицу времени от данного источника загрязнения и сравнение этих показателей с установленными нормативами ПДС, проверку выполнения плана мероприятий по достижению ПДС и проверку эффективности работы очистных сооружений. Указанный контроль производится как самим предприятием (ведомственный контроль) на базе отделов охраны окружающей среды и промышленно-санитарных лабораторий, так и региональными органами Росприроднадзора (государственный контроль).

При контроле сбросов производится измерение расходов СВ, определение концентраций в сбросах нормируемых ингредиентов и установление по этим данным массы сбрасываемых загрязняющих веществ в единицу времени. Последний показатель сравнивается с установленным ПДС.

Снижение негативного воздействия промышленного предприятия на гидросферу

Принципы очистки сточных вод

Вследствие сильной загрязненности промышленных сточных вод их очистка от примесей производится в несколько этапов. Во всех случаях очи-

стки стоков первой стадией является механическая очистка, предназначенная для удаления наиболее крупных механических примесей, взвесей и дисперсно-коллоидных частиц. Последующая очистка от химических веществ осуществляется различными методами: физико-химическими (флотация, абсорбция, ионообмен, дистилляция, обратный осмос и ультрафильтрация и др.), химическими (реагентная очистка), электрохимическими (электрохимическое окисление и восстановление, электродиализ, электрокоагуляция, электрофлотация и т. п.), биологическими. Если в сточных водах имеются весьма вредные вещества, применяют термические методы, позволяющие уничтожить примеси. Как правило, во многих случаях приходится применять комбинацию указанных методов. Одна из типовых схем очистки сточных вод показана на рис. 5.2.

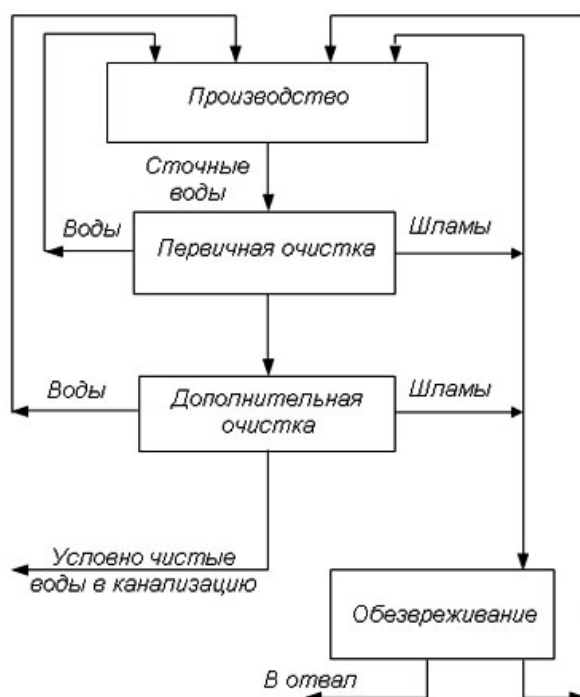


Рисунок 5.2 – Типовая схема очистки сточных вод

Среди наиболее распространенных методов следует указать:

1. Для суспензированных и эмульгированных примесей – отстаивание, флотация, фильтрация, осветление, центрифугирование (для грубодисперсных частиц); коагуляция, флокуляция, электрические методы осаждения (для мелкодисперсных и коллоидных частиц);

2. Для очистки от неорганических соединений – дистилляция, ионообмен, обратный осмос, ультрафильтрация, реагентное осаждение, методы охлаждения, электрические методы;

3. Для очистки от органических соединений – экстракция, абсорбция, флотация, ионообмен, реагентные методы (регенерационные методы); биологическое окисление, озонирование, хлорирование, электрохимическое окисление (деструктивные методы);

4. Для очистки от газов и паров – отдувка, вакуумирование, нагрев, реагентные методы;

5. Для уничтожения вредных веществ – термическое разложение.

Механическая очистка

Для удаления взвешенных примесей из сточных вод используют гидромеханические процессы – процеживание, отстаивание (гравитационное и центробежное) и фильтрование. Выбор метода зависит от крупности взвешенных частиц.

Процеживание

Сточные воды процеживают через решетки из металлических прутьев с зазором 5–25 мм, установленных под углом 60–75° на пути движения сточных вод, и сита с целью извлечения из них крупных примесей во избежание засорения труб и каналов. Решетки могут быть неподвижными и подвижными. Решетки, совмещенные с дробилками для измельчения крупных примесей, называются *комменуторами*. Наибольшее распространение получили неподвижные решетки. Решетки и сита довольно быстро забиваются примесями и требуют систематической очистки. На рис. 5.3 показаны виды решеток и схемы их очистки специальными граблями.

Скорость воды между стержнями (чаще прямоугольного сечения – круглые быстрее засоряются) принимается 0,8–1 м/с; соответственно потери напора

$$h_p = \zeta \frac{kV^2}{2g}, \quad (5.12)$$

где ζ – коэффициент местного сопротивления решетки, выбираемый в зависимости от формы стержней; k – коэффициент, учитывающий увеличение потерь напора вследствие засорения решетки (принимают $k = 3$); V – скорость потока перед решеткой, м/с; g – ускорение силы тяжести, м/с².

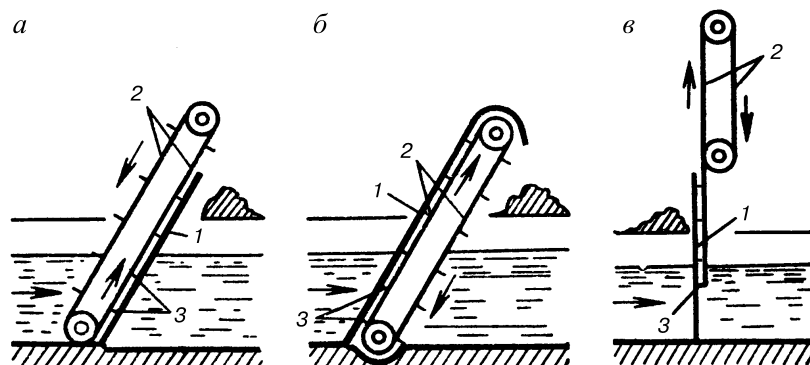


Рисунок 5.3 - Виды решеток с граблями для очистки: 1 – решетка; 2 – бесконечная цепь; 3 – грабли

Для удаления более мелких частиц применяют сита – барабанные или дисковые – с диаметром отверстий сетки 0,5–1 мм. При вращении барабана сточная вода фильтруется через его внешнюю или внутреннюю поверхность в зависимости от способа подвода (снаружи или внутрь). Производительность сита зависит от диаметра и длины барабана, а также от свойств примесей.

Для разделения взвешенных веществ на фракции могут быть использованы фракционаторы с диаметром отверстий в сетке 60–100 мкм. При разделении 50–80 % взвешенных частиц остается в грубой фракции. Схема и принцип работы фракционатора показаны на рис. 5.4. Задержанные крупные примеси при удалении направляются в специальные контейнеры-накопители.

Отстаивание

Следующий этап очистки – удаление твердых частиц со средним размером 0,25–1 мм (песка) и некоторых других примесей путем осаждения под действием сил тяжести. Для проведения процесса используют песколовки, отстойники и осветлители. В осветлителях одновременно с отстаиванием происходит фильтрация сточных вод через слой взвешенных частиц. Процесс осаждения происходит в ламинарном потоке жидкости со скоростями от 0,1 до 0,2 м/с.

Скорость осаждения частиц примеси может быть вычислена по формуле (5.12) с учетом влияния концентрации взвешенных веществ и реологических свойств системы.

Для таких полидисперсных систем, как сточные воды, скорость осаждения непрерывно изменяется и устанавливается опытным путем. Она характеризуется кривой, показанной на рис. 5.5.

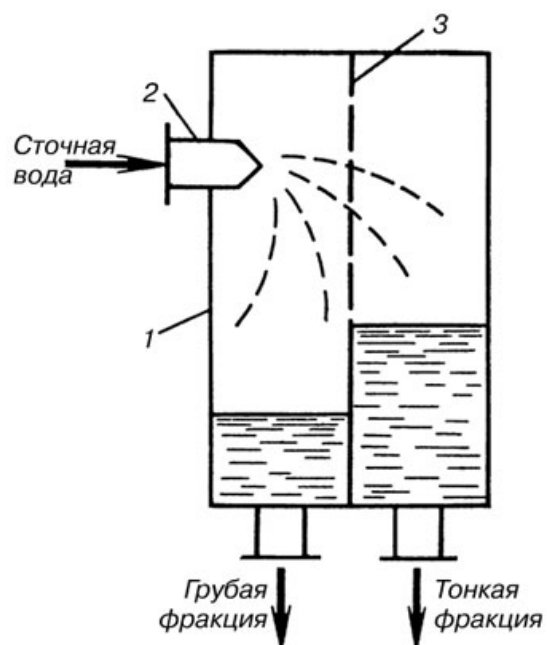


Рисунок 5.4 - Фракционер: 1 – корпус; 2 – сопло; 3 – сетка

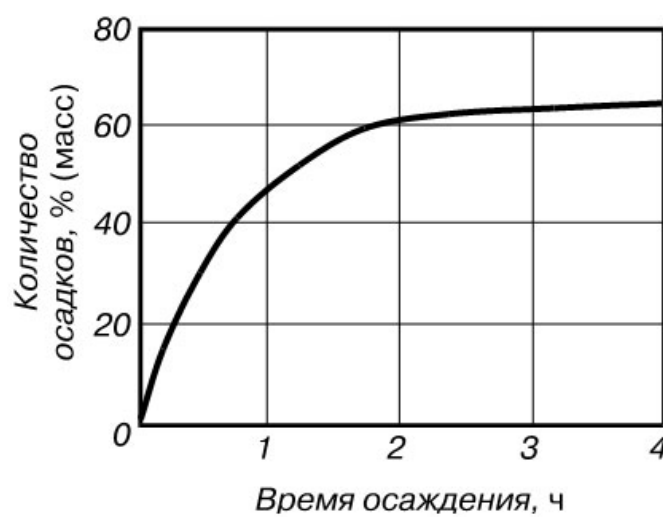


Рисунок 5.5 - График кинетики процесса осаждения

Песколовки применяют для предварительного выделения минеральных и органических загрязнений. Горизонтальные песколовки – резервуары с прямоугольным или трапециевидным поперечным сечением, скорость воды в них не превышает 0,3 м/с. Минимальная длина песколовки определяется соотношением

$$L = \frac{\omega H}{\omega_{\text{ос}}},$$

где ω , $\omega_{\text{ос}}$ – скорости соответственно потока и осаждения, м/с; H – глубина потока, м.

Вертикальные песколовки имеют прямоугольную или круглую форму; в них сточные воды движутся с вертикальным восходящим потоком со скоростью 0,05 м/с. Горизонтальные песколовки используют более часто.

Отстойники бывают периодического и непрерывного действия. По направлению движения воды они делятся на горизонтальные, вертикальные и радиальные. Эффективность отстаивания составляет в среднем до 60 %. Принципиальные схемы основных видов отстойников показаны на рис. 5.6.

Повысить эффективность отстаивания можно путем увеличения скорости осаждения, увеличив размеры частиц коагуляцией и флокуляцией или уменьшив вязкость сточной воды путем нагрева. Кроме того, можно увеличить площадь отстаивания и проводить процесс осаждения в тонком слое жидкости. В последнем случае используют трубчатые и пластинчатые отстойники (рис. 5.6, z и d).

Физико-химические методы очистки вод

Выбор того или иного метода очистки (или нескольких методов) производят 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 загрязнений в них, необходимых материальных и энергетических ресурсов, экономичности процесса.

Флотация

Флотация используется для удаления из сточных вод нерастворимых диспергированных примесей, которые самопроизвольно плохо отстаиваются. В некоторых случаях флотацию используют и для удаления растворенных веществ, например ПАВ. Этот процесс иногда называют «пенная сепарация» или «пенное концентрирование». Флотация используется также для выделения активного ила после биохимической очистки.

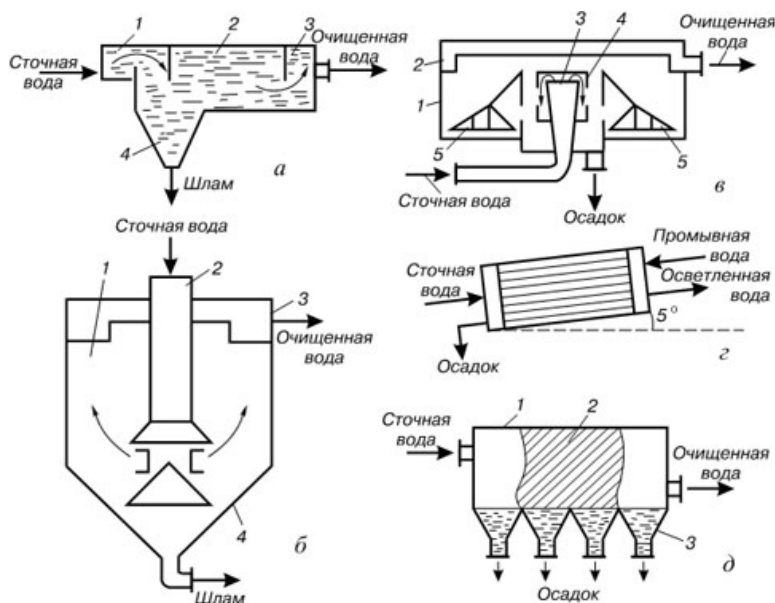


Рисунок 5.6 - Отстойники: *а* – горизонтальный: 1 – входной лоток; 2 – отстойная камера; 3 – выходной лоток; 4 – прямоток; *б* – вертикальный: 1 – цилиндрическая часть; 2 – центральная часть; 3 – желоб; 4 – коническая часть; *в* – радиальный: 1 – корпус; 2 – желоб; 3 – распределительное устройство; 4 – успокоительная камера; 5 – скребковый механизм; *г* – трубчатый отстойник; *д* – с наклонными пластинами: 1 – корпус; 2 – пластины; 3 – шламоприемник

К преимуществам этого метода очистки можно отнести следующее: непрерывность процесса; широкий диапазон применения; небольшие капитальные и эксплуатационные затраты; селективность выделений примесей по сравнению с отстаиванием; большая скорость процесса, более низкая влажность получаемого шлама (90-95 %) и высокая степень очистки (95-98 %); возможность рекуперации удаляемых веществ. Флотация сопровождается аэрацией сточных вод, снижением концентрации ПАВ и легкоокисляемых веществ, бактерий и микроорганизмов. Все это способствует успешной дальнейшей очистке сточных вод.

Сущность процесса флотации заключается в слипании всплывающего пузырька воздуха с твердой гидрофобной частицей и ее подъеме в образующийся на поверхности пенный слой при условии, что вес частицы не должен превышать суммарной подъемной силы пузырька и силы слипания. Присутствие в воде ПАВ (реагентов-собирателей) делает процесс более эффективным. ПАВ, адсорбируясь на частицах, понижают их смачиваемость, т. е. делают их гидрофобными. В качестве реагентов-собирателей используют: масла, жирные кислоты и их соли, меркаптаны, амины и т. п.

Напорные установки имеют большее распространение, чем вакуумные, позволяют очищать сточные воды с концентрацией взвесей до 4-5 г/л. Для увеличения степени очистки в воду добавляют коагулянты. Принципиальная схема напорной флотации показана на рис. 5.7, *а*, на рис. 5.7, *б* – одна из конструкций флотатора. На рис. 5.8 показаны возможные схемы подачи воды.

В эрлифтных установках организуются встречные потоки воздуха и сточных вод из емкости, расположенной на высоте 20-30 м. Поднимаясь по эрлифту, жидкость обогащается пузырьками воздуха, который выделяется во флотаторе (рис. 5.9).

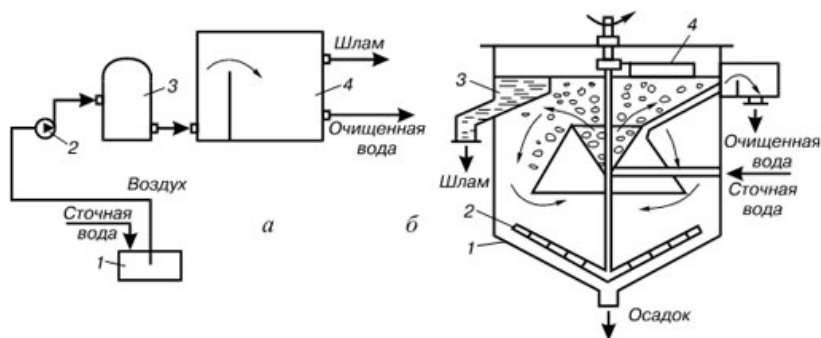


Рисунок 5.7 - Напорная флотация: *а* – схема напорной флотации: 1 – емкость; 2 – насос; 3 – напорный бак; 4 – флотатор; *б* – флотатор «Аэрофлотор»: 1 – камера; 2 – скребок; 3 – шламоприемник; 4 – поверхностные скребки

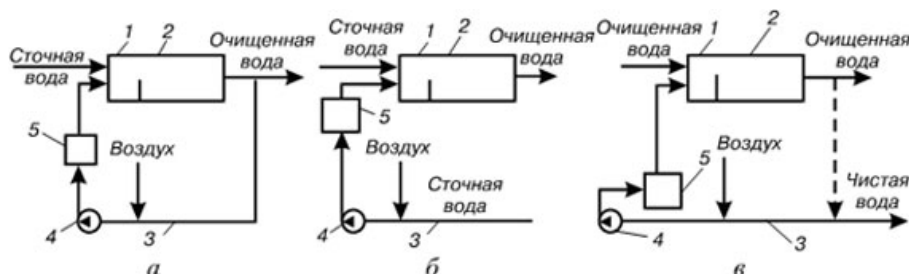


Рисунок 5.8 - Схемы подачи воды при напорной флотации: *а* – с рециркуляцией; *б* – с частичной подачей воды насосом; *в* – с рабочей жидкостью; 1 – приемные отделения; 2 – флотационные отделения; 3 – линии всасывания; 4 – насосы; 5 – напорные баки

Адсорбционная очистка

Адсорбцию широко применяют для глубокой очистки сточных вод от растворенных органических веществ после биохимической очистки, а также в локальных установках, если концентрация этих веществ невелика и они биологически не разлагаются или являются сильно токсичными. Локальные установки целесообразны, если вещество хорошо адсорбируется при небольшом удельном расходе адсорбента.

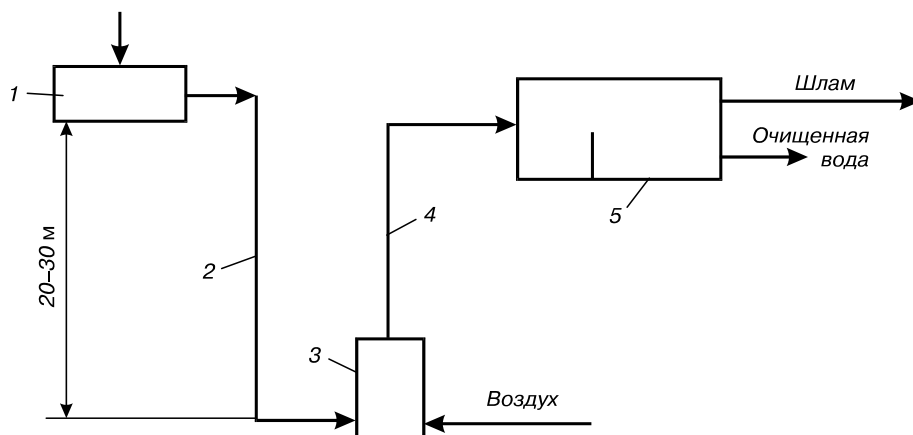


Рисунок 5.9 - Схема эрлифтной установки: 1 – емкость; 2 – трубопровод; 3 – аэратор; 4 – труба эрлифта; 5 – флотатор

Преимуществами этого метода являются высокая эффективность очистки (до 80–95 %), возможность очистки сточных вод, содержащих несколько веществ, а также их рекуперации.

В качестве сорбентов используют активные угли, синтетические сорбенты и некоторые отходы производства (золу, шлаки, опилки и т. п.). Минеральные сорбенты (глины, силикагели, алюмогели и гидраты окислов) применяют реже, так как энергия их взаимодействия с молекулами воды велика (иногда превышает энергию адсорбции). Сорбенты должны быть относительно крупнопористыми (с эффективным радиусом адсорбционных пор в пределах 0,8–5,0 нм или 8–50 Å), иметь высокую адсорбционную емкость, высокую селективность и малую удерживающую способность при регенерации. Используют мелкозернистые адсорбенты с размерами частиц 0,25–0,5 мм и высокодисперсные угли с размерами зерен не менее 40 мкм.

Вещества, хорошо адсорбируемые из водных растворов активными углями, имеют выпуклую изотерму адсорбции, а плохо адсорбируемые – вогнутую. Ее можно определить опытным путем или приближенными вычислениями по формуле

$$a = \frac{a_{\infty} K_w C_p}{\frac{V_{H_2O}}{V_i^*} + K_w C_p},$$

где a – удельная адсорбция; a_{∞} – максимальная удельная адсорбция вещества (адсорбционная емкость); $K_w = K_a/55,5$ – ионное произведение воды, где K_a –

константа адсорбционного равновесия; $V_{\text{H}_2\text{O}}$ и V_i^* – мольные объемы воды и адсорбируемого вещества соответственно.

Если в сточной воде присутствует несколько компонентов, их совместная адсорбция возможна, если

$$\Delta E_{\max}^0 - \Delta E_{\min}^0 \leq 10,5,$$

где ΔE^0 – значение стандартной дифференциальной свободной энергии для каждого вещества, кДж/моль.

Скорость процесса адсорбции зависит от концентрации, природы и структуры растворенных веществ, температуры воды, вида и свойств адсорбента. Для ориентировочных расчетов рекомендуется принимать следующие значения скорости и диаметра зерна адсорбента: $\omega = 1,8$ м/ч и $d = 2,5$ мм.

Процесс адсорбционной очистки воды ведут при интенсивном перемешивании адсорбента с водой, при фильтровании воды через слой адсорбента или в псевдосжиженном слое в установках периодического и непрерывного действия. На рис. 5.10 показаны некоторые схемы адсорбционных установок.

Расход адсорбента для одноступенчатого процесса определяют из уравнения материального баланса:

$$m = \frac{W(C_{\text{н}} - C_{\text{к}})}{a},$$

где W – объем сточных вод; $C_{\text{н}}$ и $C_{\text{к}}$ – начальная и конечная концентрации загрязненной сточной воды; a – коэффициент адсорбции.

Конечную концентрацию загрязнений после очистки в установках с n ступенями вычисляют по формуле

$$C_n = \left(\frac{W}{W + km} \right)^n C_{\text{н}},$$

где k – коэффициент распределения;

$$k = \frac{a_{\tau}}{a} = \frac{C_{\text{н}} - C_{\text{к}}}{C_{\text{н}} - C_{\text{р}}} \approx 0,7 - 0,8.$$

здесь a_{τ} – значение удельной адсорбции за время τ ; $C_{\text{р}}$ – равновесная концентрация вещества.

Расход адсорбента на каждую ступень находят по формуле

$$m_n = \frac{W}{k} \sqrt{\frac{C_n}{C_n} - 1};$$

необходимое число ступеней

$$n = \frac{\lg C_n - \lg C_n}{\lg(W + km) - \lg W}.$$

В противоточной схеме (рис. 5.10, б) процесс проводят при значительно меньшем расходе адсорбента, чем по схеме с последовательным введением адсорбента. Однако эта установка дороже и сложнее в эксплуатации.

Концентрацию веществ после n ступеней определяют по формуле

$$C_n = \frac{\left(\frac{km}{W} - 1\right) C_n}{\left(\frac{km}{W}\right)^n - 1}.$$

Число ступеней n и дозу адсорбента, вводимого в последнюю ступень, можно вычислить по уравнениям

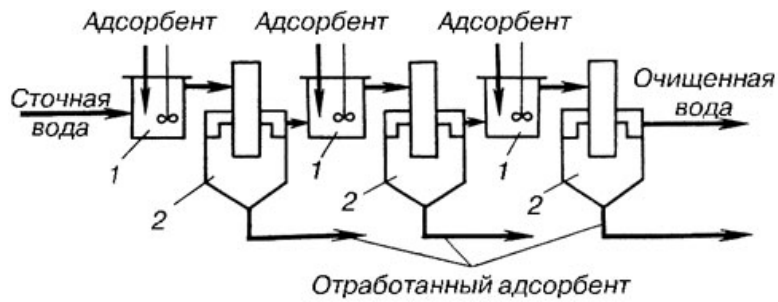
$$n = \frac{\lg \left[C_n \left(\frac{km}{W} - 1 \right) + C_n \right] - \lg C_n}{\lg \left(\frac{m}{W} \right)^k} - 1;$$

$$\alpha m^{n+1} - \beta m - \gamma = 0,$$

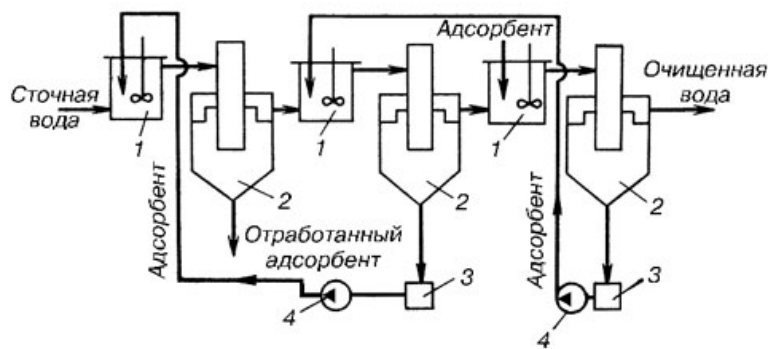
где

$$\alpha = \left(\frac{k}{W} \right)^{n-1}, \quad \beta = \frac{k C_n}{W C_n}, \quad \gamma = \frac{C_n}{C_n} - 1.$$

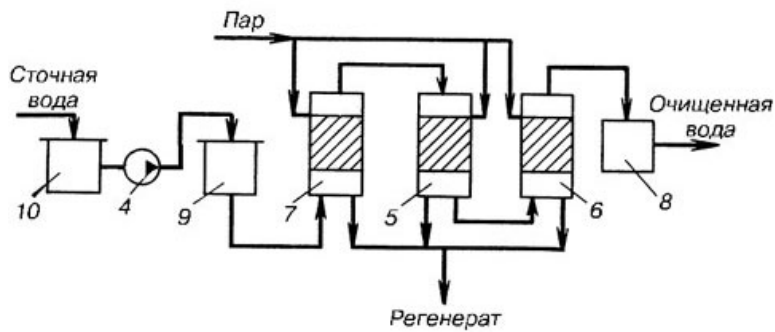
При фильтровании сточной воды через слой адсорбента в одной колонне процесс очистки ведут периодически до проскока, а затем адсорбент выгружают и регенерируют. При непрерывном процессе (рис. 25.2010, в) две колонны работают последовательно, третья отключена на регенерацию. При проскоке в средней колонне на регенерацию отключают первую колонну.



а



б



в

Рисунок 5.10 - Схемы адсорбционных установок с последовательным (а) и противоточным (б) введением адсорбента и непрерывной адсорбционной установки (в): 1 – смеситель; 2 – отстойник; 3 – приемник адсорбента; 4 – насос; 5–7 – колонны; 8 – емкость; 9 – фильтр; 10 – усреднитель

В момент проскока в колонне появляется слой адсорбента высотой L_0 , который не работает, «мертвый». Если одновременно в процессе менять «мертвый» слой на слой свежего адсорбента через специальные дозаторы, то колонна будет работать непрерывно. Скорость перемещения работающего слоя

$$u = \frac{C_n W_{\text{ср}}}{a_{\text{ад}}},$$

где $W_{\text{ср}}$ – средняя скорость воды в колонне; $a_{\text{ад}}$ – динамическая емкость адсорбента; длина работающего слоя

$$L_p = \frac{M}{S\beta\Delta C_{\text{ср}}},$$

где M – количество поглощенного вещества; S – площадь поперечного сечения слоя; β – коэффициент массопередачи; $\Delta C_{\text{ср}}$ – средняя движущая сила адсорбции.

Экстракция

Жидкостная экстракция применяется для очистки сточных вод, содержащих фенолы, масла, органические кислоты, ионы металлов и др. Экстракция выгодна, если стоимость извлекаемых веществ окупает все затраты на проведение процесса. В общем случае для большинства веществ при их концентрации выше 3-4 г/л экстракция предпочтительнее адсорбции.

Очистка сточных вод экстракцией состоит из трех стадий: интенсивного смешивания сточной воды с экстрагентом (органическим растворителем), разделения экстракта и рафината (в условиях развитой поверхности контакта между жидкостями образуются две жидкие фазы: экстракт, содержащий извлекаемое вещество и экстрагент, и рафинат, содержащий сточную воду и экстрагент), регенерации экстрагента и рафината. Эффективность процесса зависит от правильности выбора экстрагента и скорости его подачи в воду. При выборе растворителя следует учитывать его селективность, физико-химические свойства, стоимость и способы регенерации.

При содержании в сточной воде нескольких примесей сначала извлекают один из компонентов – наиболее ценный или наиболее токсичный. При этом для каждого компонента может быть разный экстрагент. При необходимости одновременной экстракции нескольких веществ экстрагент не должен обладать селективностью извлечения, а иметь близкий и достаточно высокий коэффициент распределения (который выражается отношением концентраций вещества в экстрагенте и воде: $k_p = C_3/C_в$) для всех извлекаемых веществ.

По центру,
Отступ: Первая строка: 0 см,
Междустр.интервал: множитель 0,97
ин

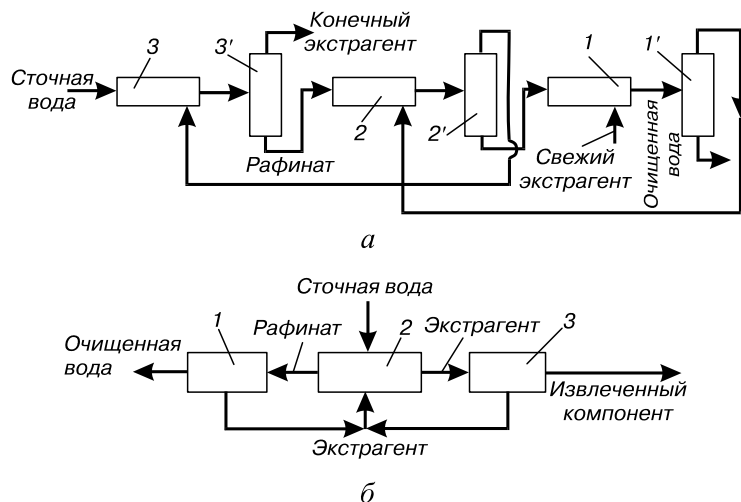


Рисунок 25.23.11 – Схемы процесса экстракции: *а* – многоступенчатого противоточного; 1–3 – смесители; 1'–3' – отстойники; *б* – непрерывного противоточного с регенерацией экстрагента из рафината и экстракта: 1 – система удаления экстрагента из рафината; 2 – колонна; 3 – система удаления экстрагента из экстракта

Регенерация экстрагента может быть проведена с применением вторичной экстракции с другим растворителем, а также выпариванием, дистилляцией, химическим взаимодействием или осаждением. На рис. 5.11 показаны примерные схемы процессов экстракции, которые производятся в аппаратах различной конструкции: распылительных, насадочных, тарельчатых колоннах и центробежных экстракторах.

Термические методы очистки сточных вод

Для обезвреживания минерализованных сточных вод в основном используют термические методы, которые позволяют выделить из стоков соли (кальция, магния, натрия и др.) с получением условно чистой воды, пригодной для оборотного водоснабжения. Процесс может быть проведен в две стадии: концентрирование и выделение сухих веществ. Во многих случаях вторая стадия заменяется захоронением концентрированных растворов. Требования к установкам термического обезвреживания:

- обеспечение снижения концентрации вредных веществ в очищаемой воде до значений, меньших ПДК;
- незначительная чувствительность к составу стоков;
- надежность и экономичность в работе;
- высокая производительность.

Выбор методов очистки зависит от состава, концентрации и объема сточных вод, их коррозионной активности и необходимой степени очистки.

Концентрирование сточных вод

Этот способ очистки может быть реализован в выпарных и адиабатных испарительных аппаратах, а также в кристаллогидратных установках и установках вымораживания.

Выпарные установки могут быть одно- и многокорпусными. Наибольшее распространение имеют 4-5-корпусные установки с расходом тепла по пару 600 кДж на 1 кг влаги. Для упаривания сточных вод ряда производств (синтетических смол, лаков и красок, люминофоров, реактивов и др.) применяют выпарные установки с контактными аппаратами, в которых осуществляется непосредственный контакт между теплоносителями и сточной водой. Для нагрева могут быть использованы газообразные, жидкие и твердые теплоносители.

В одноступенчатых установках испарение происходит в аппарате, образующиеся пары уносятся теплоносителем, или в контактном аппарате происходит лишь нагревание воды, а испарение – в адиабатной ступени (рис. 5.12, а–б). Наибольшее распространение получили контактные аппараты: с погружными горелками, барботажные, тарельчатые, насадочные, форсуночные, полочные. Отложение солей на поверхностях теплообмена приводит к увеличению расхода тепла и снижению эффективности процесса.

В многоступенчатых установках с гидрофобным теплоносителем (рис. 5.12, в) нагревание и испарение сточных вод происходит вследствие контакта с жидким гидрофобным теплоносителем (парафины различных типов, минеральные масла, силиконы и т. п.), который должен быть практически нерастворим в воде, не образовывать эмульсий, не сорбировать растворенные в воде соли, хорошо отделяться от воды, быть термически устойчивым и иметь высокую теплоемкость. В подобных установках возможно упаривать сточные воды до высоких концентраций, при этом исключая отложение солей на теплообменных поверхностях, уменьшая коррозию оборудования.

На рис. 5.13 показаны примерные схемы адиабатных испарительных установок, называемых *установками мгновенного испарения* (УМИ). В них раствор концентрируется за счет испарения перегретой жидкости, подаваемой в камеру, давление в которой ниже давления насыщения, соответствующего температуре поступающей в камеру жидкости.

Производительность одноступенчатой УМИ вычисляется по формуле

$$w = Qc(T' - T_n)/q_{\text{ст}},$$

где Q – расход жидкости; c – теплоемкость раствора; T' и T_n – соответственно температура раствора на выходе подогревателя и в камере испарения; $q_{\text{ст}}$ – теплота испарения пара в ступени.

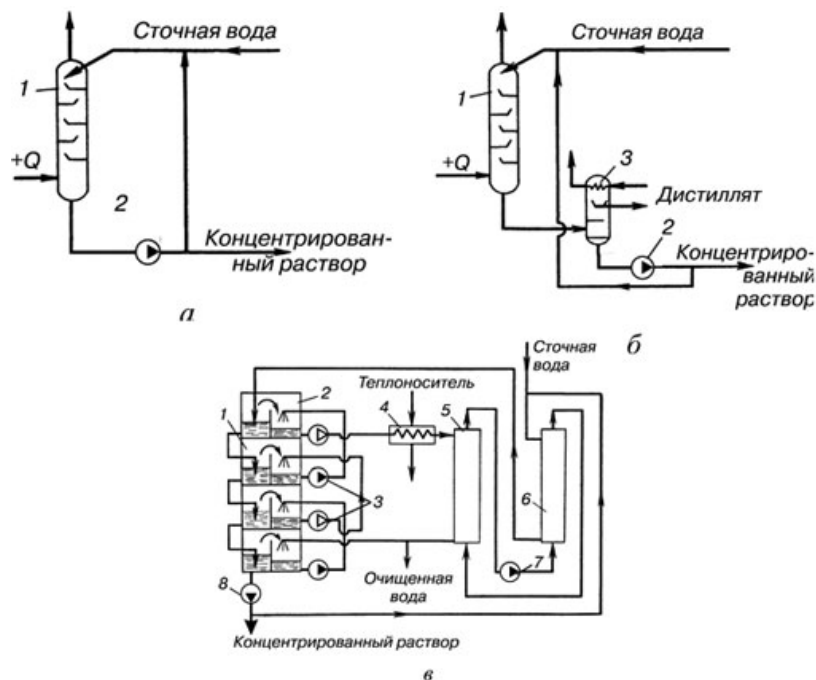


Рисунок 5.12 - Схемы выпарных установок: а-б – одноступенчатых контактных соответственно с испарением в камере контактного теплообменника и в адиабатной ступени: 1 – контактные теплообменники; 2 – насосы; 3 – адиабатный испаритель; в – с гидрофобным теплоносителем: 1 – ступень адиабатного испарителя; 2 – конденсатор смешения; 3, 7, 8 – насосы; 4 – подогреватель; 5–6 – контактные теплообменники

Удельный расход пара для одной ступени ~ 1 кг/кг. Для снижения расхода пара используют многоступенчатые УМИ (рис. 5.13, б).

Концентрирование минерализованных вод проводят и на установках вымораживания (рис. 5.14). Их действие основано на том, что концентрация солей в кристаллах льда значительно меньше, чем в растворе (теоретически образуется пресный лед). Вымораживание можно проводить под вакуумом либо при помощи специального холодильного агента.

Кристаллогидратный процесс состоит в концентрировании сточной воды с гидратообразующим агентом М (пропан, хлор, CO_2 и др.) и образовании кристаллогидратов, имеющих формулу $\text{M} \cdot n \cdot \text{H}_2\text{O}$. При переходе молекулы воды в кристаллогидраты концентрация растворенных в воде веществ повышается. При плавлении кристаллов образуется вода, из которой выделяются пары гидратообразующего агента. Процесс может проходить при температуре выше и ниже температуры окружающей среды. Получение чистой воды может быть осуществлено по следующей схеме (рис. 5.15).

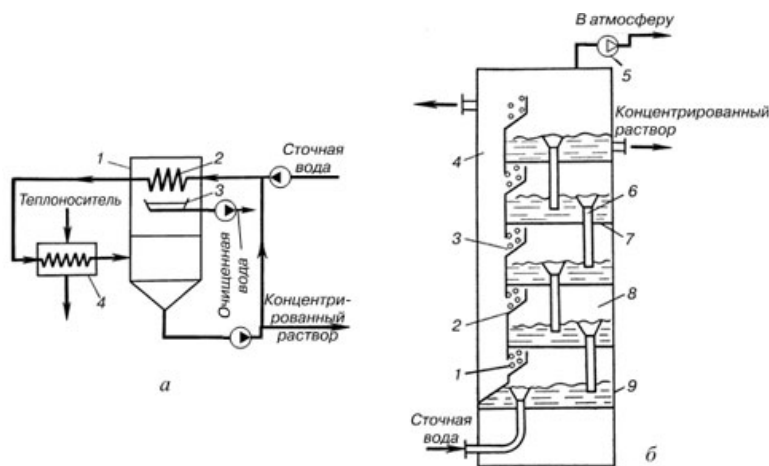


Рисунок 5.13 - Схемы адиабатных испарительных установок: *а* – одноступенчатой: 1 – камера испарения; 2 – конденсатор; 3 – поддон; 4 – подогреватель; *б* – вертикальной: 1 – конденсатор; 2 – желоб; 3 – канал для отвода конденсата; 4 – вертикальный канал; 5 – вакуумный насос; 6 – переточная труба; 7 – перегородка; 8 – испарительная камера; 9 – корпус

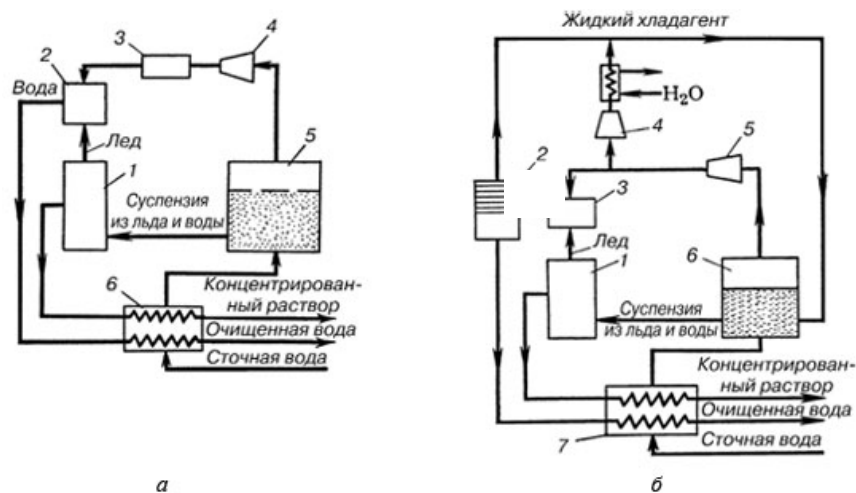


Рисунок 5.14 - Схемы установок концентрирования растворов вымораживанием: *а* – под вакуумом: 1 – промывная колонна; 2 – конденсатор-плавитель; 3 – вспомогательная холодильная установка; 4 – компрессор; 5 – кристаллизатор; 6 – теплообменник; *б* – при контактом вымораживании: 1 – промывная колонна; 2 – смеситель; 3 – конденсатор-плавитель; 4 – вспомогательный компрессор; 5 – главный компрессор; 6 – кристаллизатор; 7 – теплообменник

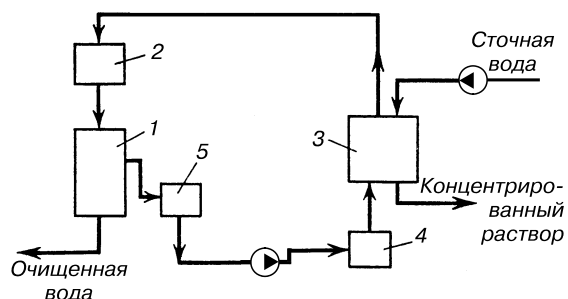


Рисунок 5.15 - Схема установки для очистки воды методом гидратообразования:
1 – сепаратор; 2 – камера плавления; 3 – камера гидратообразования; 4 – емкость;
5 – конденсатор

Преимущества вымораживающих и кристаллогидратных установок: низкий расход энергии ($9-12 \text{ (кВ}\cdot\text{ч)/м}^3$), возможность обезвреживания вод различного состава. Недостатки: применение дорогостоящих теплоносителей; усложнение технологического процесса; невысокая степень концентрирования раствора из-за трудности разделения кристаллов льда и вязкой суспензии; повышение расхода энергии с увеличением степени концентрирования раствора вследствие понижения температуры замерзания при увеличении концентрации раствора.

Термоокислительные методы обезвреживания

Химические промстоки по теплотворной способности делят на способные гореть самостоятельно и на воды, для термоокислительного обезвреживания к которым необходимо добавлять топливо. Последние имеют энтальпию ниже 2000 ккал/кг .

При использовании термоокислительных методов все загрязняющие органические вещества полностью окисляются кислородом воздуха при высоких температурах до нетоксичных соединений. К этим методам относятся: метод жидкофазного окисления; метод парофазного каталитического окисления и пламенный, или огневой, метод.

Метод жидкофазного окисления основан на окислении органических веществ, растворенных в воде, кислородом при температуре $100-350 \text{ }^\circ\text{C}$ и давлении $2-28 \text{ МПа}$ (для увеличения растворимости O_2 в воде и, следовательно, интенсификации процесса). Принципиальная схема этого процесса показана на рис. 5.16.

Отличительными особенностями метода являются: высокая производительность без предварительного концентрирования; отсутствие в продуктах окисления вредных органических веществ; легкость комбинирования с другими методами и безопасность при его применении. Среди недостатков – неполное окисление некоторых химических веществ; значительные капитальные затраты и высокая коррозия оборудования в кислых средах.

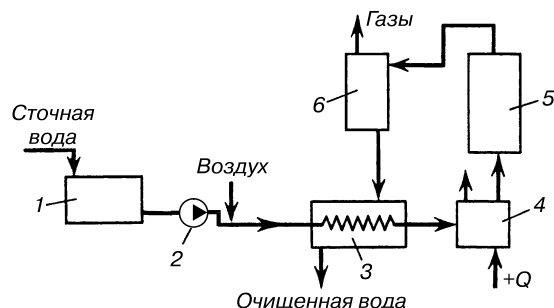


Рис. 5.16 - Схема установки для жидкофазного окисления: 1 – сборник; 2 – насос; 3 – теплообменник; 4 – печь; 5 – реактор; 6 – сепаратор

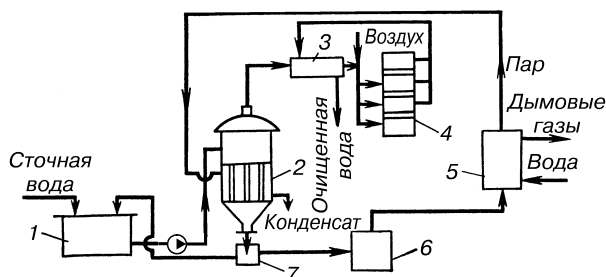


Рис. 5.17 - Схема установки для очистки сточных вод каталитическим окислением: 1 – емкость; 2 – выпарной аппарат; 3 – теплообменник; 4 – контактный аппарат; 5 – котел-утилизатор; 6 – печь; 7 – центрифуга

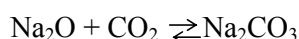
В основе метода парофазного каталитического окисления лежит гетерогенное каталитическое окисление кислородом воздуха при высокой температуре летучих органических веществ, находящихся в промстоках. Процесс протекает весьма интенсивно в паровой фазе в присутствии медно-хромового, цинкохромового, медно-марганцевого или другого катализатора и проводится на установках, одна из которых схематично представлена на рис. 5.17.

Степень очистки достигает 99,98 % при высокой производительности. Основной недостаток – возможность отравления катализаторов соединениями фосфора, фтора, серы, что требует предварительного удаления из сточных вод каталитических ядов.

Наиболее эффективным и универсальным является так называемый огневой метод, заключающийся в распылении сточных вод непосредственно в топочные газы, нагретые до температуры 900–1000 °С. При этом вода полностью испаряется, а органические примеси сгорают. Минеральные вещества, содержащиеся в воде, образуют твердые или расплавленные частицы, которые затем улавливаются.

Огневой метод может быть использован для обезвреживания небольшого объема сточных вод, содержащих высокотоксичные органические вещества, очистка от которых другими способами невозможна или неэффективна, и нецелесообразен для обезвреживания стоков, содержащих только минеральные вещества. Кроме того, этот метод предпочтителен, если имеются горючие отходы, которые можно использовать как топливо.

В процессе обезвреживания промстоков различного состава могут образовываться окиси щелочных и щелочно-земельных металлов (CaO, MgO, BaO, K₂O, Na₂O и др.). Некоторые из них могут взаимодействовать с компонентами дымовых газов, например



При диссоциации хлоридов в дымовых газах содержатся хлор и хлористый водород. Органические соединения, содержащие серу, фосфор, галогены, могут образовывать SO₂, SO₃, P₂O₅, HCl, Cl₂ и др., что вызывает коррозию аппаратуры и является нежелательным в дымовых газах. Из сточных вод, содержащих нитросоединения, могут выделяться различные окислы азота. При сложном взаимодействии этих веществ в газовой фазе могут образовываться новые соединения, в том числе и токсичные, что необходимо учитывать при удалении газов в атмосферу.

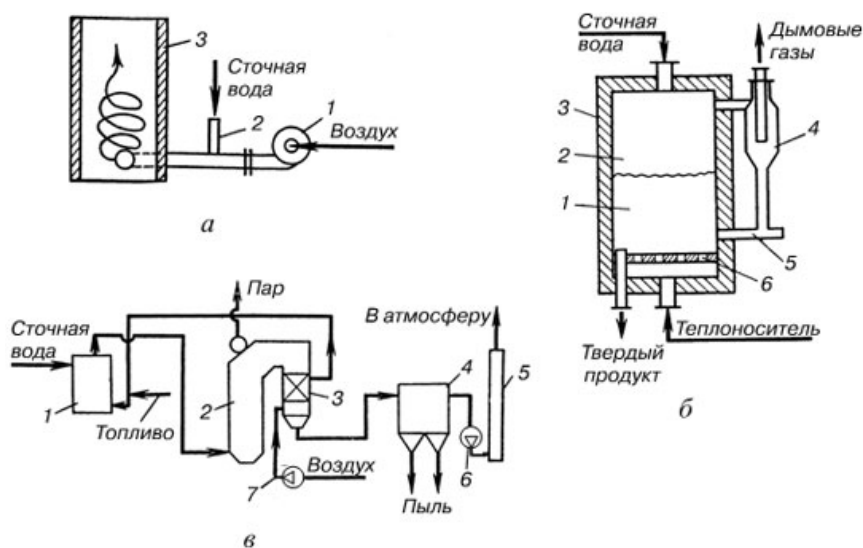


Рисунок 5.18 - Схемы устройств для огневого обезвреживания сточных вод: а – циклонная печь: 1 – воздухоподогреватель; 2 – питающее устройство; 3 – печь; б – печь с псевдоожиженным слоем: 1 – плотная фаза ожиженного слоя; 2 – разбавленная фаза; 3 – печь; 4 – циклон; 5 – труба для возврата материала; 6 – газораспределительная решетка; в – печь с котлом-утилизатором: 1 – печь; 2 – котел-утилизатор; 3 – воздухоподогреватель; 4 – аппарат сухой очистки газов; 5 – труба; 6 – дымосос; 7 – воздухоподогреватель

Для проведения процесса огневого обезвреживания в зависимости от консистенции и состава сточных вод используют печи различной конструкции: камерные, шахтные, циклонные и с псевдоожиженным слоем. Камерные и шахтные печи (используются для сжигания сульфидных щелоков, сточных вод анилинокрасочной промышленности и др.) малопроизводительны, громоздки и капиталоемки. Наиболее эффективны циклонные печи и печи с псевдоожиженным слоем (рис. 5.18).

Литература

2. Мазур И. И., Молдаванов О. И., Шишов В. Н. Инженерная экология. Общий курс. В 2-х томах. Учебное пособие для вузов / Под ред. И. И. Мазура. – М.: Высшая школа. 1996. – 637 с.
3. Калыгин В. Г. Промышленная экология. Курс лекций. – М.: Изд-во МНЭПУ, 2000. – 240 с.
4. Мазур И. И., Молдаванов О. И. Курс инженерной экологии: Учеб. для вузов / Под ред. И. И. Мазура. – М.: Высшая школа. 1999. – 447 с.
5. Путилов В. Я. Экология энергетики: Учеб. пособие / Под. общ. ред. В. Я. Путилова. – М.: Изд-во МЭИ, 2003. – 716 с.
5. Промышленная экология: Учебное пособие /Под ред. В.В. Денисова. – М: ИКЦ «МарТ»; Ростов н/Д: Издательский центр «МарТ», 2007. – 720 с.
6. Квашнин И. М. Промышленные выбросы в атмосферу. Инженерные расчеты и инвентаризация. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2005. – 392 с.
7. Кулагина Т.А. Теоретические основы защиты окружающей среды: Учебн. пособие / Т.А. Кулагина. 2-е изд., перераб. И доп. Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2003. – 332 с.
8. Лозановская И. Н. Орлов Д. С., Садовникова Л. К. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении. Учеб. пособие. – М.: Высш. шк. – 1998. – 287 с.
9. Гриценко А. И., Аكوпова Г. С., Максимов В. М. Экология. Нефть и газ. – М.: Наука. 1997. – 598 с.
10. Челноков А. А., Ющенко Л. Ф. Основы промышленной экологии: Учеб. пособие. – Мн.: Высш. шк., 2001. – 343 с.
11. Кортс Ф., Бахадир М. И. и др. Экологическая химия: Пер. с нем. / Под ред. Ф. Кортс. – М.: Мир. 1997. – 396 с.
12. Гарин В. М., Кленова И. А. Экология для технических вузов. Серия «Учебники для технических вузов». Ростов-на-Дону: Феникс, 2001. – 384 с.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИРОДООХРАННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

Экономический ущерб окружающей среды от загрязнения

В соответствии с «Временной типовой методикой определения экономической эффективности осуществления природоохранных мероприятий и оценки экономического ущерба, причиняемого народному хозяйству загрязнением окружающей среды», **экономический ущерб** представляет собой стоимостное выражение негативного антропогенного воздействия на окружающую среду. Он равен сумме затрат на предотвращение воздействия загрязненной окружающей среды на реципиентов и затрат, связанных с воздействием на реципиентов. В состав реципиентов входят: население, объекты жилищно-коммунального хозяйства, сельскохозяйственные угодья, лесные ресурсы, элементы основных фондов промышленности и транспорта, трудовые ресурсы, рекреационные ресурсы.

При снижении негативного антропогенного воздействия на окружающую среду достигаются экологические, социальные и экономические результаты. В соответствии с методикой **экологический** результат природоохранной деятельности выражается в уменьшении выброса вредных веществ в окружающую среду и уровня ее загрязнения, в увеличении и улучшении качества пригодных к использованию земельных, лесных, водных ресурсов и атмосферного воздуха. **Социальный** результат проявляется в улучшении физиологических, культурных, творческих и рекреационных условий жизни человека. **Экономический** результат выражается в экономии или предотвращении потерь природных ресурсов, живого и овеществленного труда во всех сферах народного хозяйства и личного потребления.

Под **экономическим ущербом** отдельного хозяйствующего субъекта (предприятия) понимают те потери (затраты), которые несет предприятие вследствие негативного воздействия вредных веществ, попадающих в окружающую среду с выбросами собственного производства. Исходя из этого, экономический ущерб от негативного воздействия вредных веществ представляет собой часть издержек предприятия, связанных с компенсацией этого воздействия на ресурсы предприятия (рис. 6.1).

Составляющие экономического ущерба от загрязнения среды являются комплексной величиной и определяются как сумма ущербов, наносимых отдельным видам реципиентов в пределах загрязненной зоны. В качестве основных реципиентов в экономике природопользования рассматриваются: 1) население; 2) объекты жилищно-коммунального хозяйства; 3) сельскохозяйственные угодья; 4) лесные ресурсы; 5) элементы основных фондов промышленности и транспорта; 6) рыбные ресурсы; 7) рекреационные ресурсы.

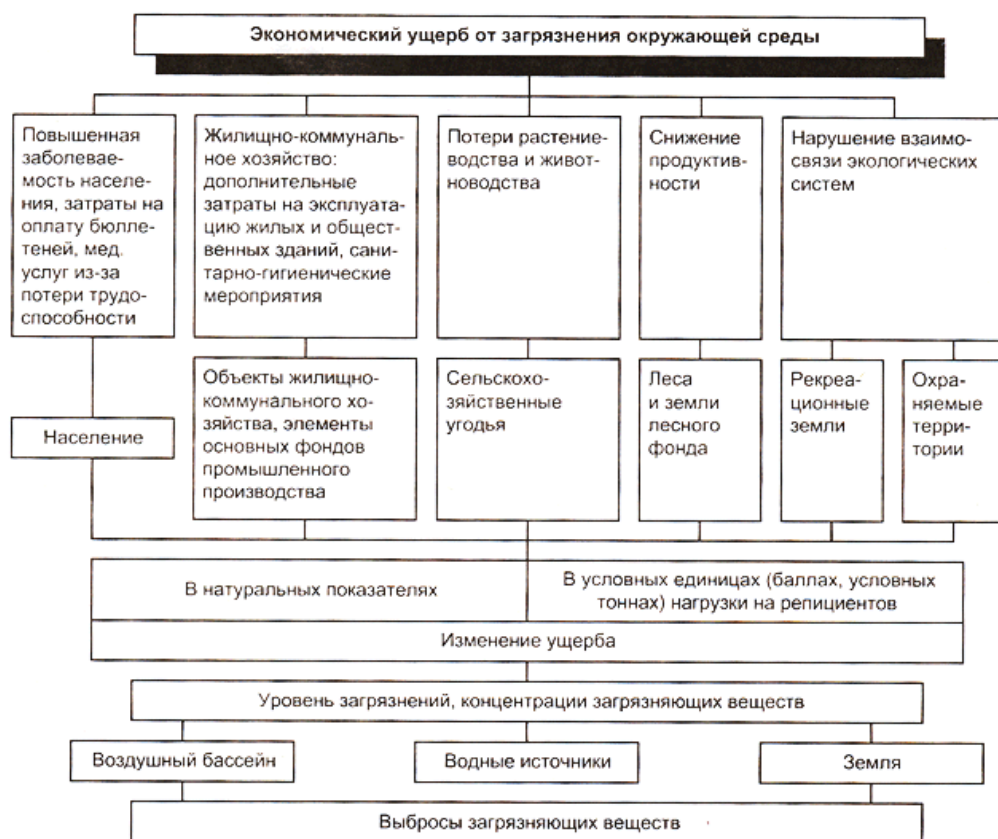


Рисунок 6.1 – Схема определения экономического ущерба от загрязнения окружающей среды

Количественная оценка таких последствий в универсальном виде как функция от объема выбросов необходима для того, чтобы соизмерить ее с другими затратами и потерями, в том числе и с затратами на предотвращение загрязнения.

Зная объем выбросов V , суммарную денежную оценку ущерба можно представить в виде:

$$P = f_1(V) + f_2(V) + f_3(V) + \dots + f_n(V),$$

где P – денежная оценка ущерба; $f_n(V)$ – величина ущерба (потерь), возникающая в n -сфере деятельности от ухудшения качества окружающей среды вследствие выбросов.

Несмотря на простоту такой идеи оценки ущерба, практическое ее выполнение вызывает значительные трудности. В основу оценки экономическо-

го ущерба от загрязнения положена следующая логическая причинно-следственная цепочка расчетов: выбросы вредных веществ из источников их образования → концентрация вредных веществ в атмосфере (водоеме) → натуральный ущерб → экономический ущерб.

Методический подход, основанный на упрощенной процедуре, применим лишь для установления экономической эффективности природоохранных мероприятий на уровне крупных регионов или оценки их сравнительной эффективности. Эти результаты позволяют судить лишь о масштабах экономического ущерба и сравнительной эффективности мер, направленных на ликвидацию ущерба от загрязнения или его предотвращение.

Экономическая оценка ущерба, причиняемого годовыми выбросами загрязнений в атмосферный воздух (y) для отдельного источника определяется по формуле:

$$y = \gamma \sigma f M,$$

где: y – оценка ущерба (руб. /год); γ – стоимостная (денежная) оценка ущерба от единицы выброса загрязняющего вещества (рублей/условная тонна); σ – коэффициент относительной опасности загрязнения атмосферы над территориями различных типов (курорты, зоны отдыха, населенные места, леса, пашни и т. п.); f – коэффициент, характеризующий характер рассеивания примесей (высота выброса, температурный режим, скорость ветра и т. п.); M – приведенная масса годового выброса загрязнений от источника (условные тонны/год):

$$M = \sum_{i=1}^n a_i m_i,$$

где: m_i – масса годового выброса примеси i -го вида в атмосферу (т/год); a_i – показатель относительной агрессивности примеси i -го вида (условные тонны/год); n – общее число примесей, выбрасываемых источником в атмосферу.

$$a_i = l(\text{ПДК}_{i\text{нас.}}, \text{ПДК}_{i\text{р.з.}}),$$

где $\text{ПДК}_{i\text{нас.}}$, $\text{ПДК}_{i\text{р.з.}}$ – предельно допустимая концентрация i -го вещества в воздухе населенных мест и рабочей зоны, соответственно; l – знак функции.

Идея изложенного подхода состоит в том, что сначала все вредные вещества, выбрасываемые в атмосферу или сбрасываемые в водоем, приводятся к «монозагрязнителю». Известно, что воздействие разных веществ на окружающую среду и на человека различно. Поэтому складывать напрямую

500 кг ртути и 10 тонн диоксида серы нельзя. Такая операция имеет смысл только в том случае, если каждому из вредных веществ придать весовой коэффициент a_i , учитывающий, во сколько раз одно вредное вещество опаснее другого. Объемы фактических выбросов m_i , умноженные на весовые коэффициенты a_i , называют приведенной массой выбросов из источника загрязнения, или монозагрязнением.

Таблица 6.1

Значения величины для некоторых веществ, выбрасываемых в атмосферу

Название вещества	Значение a_i , усл. т/т
Оксид углерода	1
Сернистый ангидрид	22
Сероводород	54,8
Серная кислота	49
Оксиды азота в перерасчете по массе на NO ₂	41,1
Аммиак	10,4
Летучие низкомолекулярные углеводороды по угле- роду (ЛНУ)	3,16
Ацетон	5,55
Фенол	310
Ацетальдегид	41,6
3, 4-бенз(а)пирен	12,6·10 ⁵

Приведенная масса выбросов измеряется в условных единицах, например, условных тоннах. Такой «монозагрязнитель» характеризует общий уровень загрязнения окружающей среды. Коэффициент a_i , характеризующий относительную опасность вредных выбросов, рассчитывается на основе сравнительного анализа вредного воздействия отдельных вредных веществ. Величина коэффициента относительной опасности вредного вещества является функцией, обратной величине его предельно допустимой концентрации.

Коэффициент относительной опасности загрязнения территорий σ должен учитывать особенности и социальную значимость определенного региона и его реакцию на выбросы вредных веществ (для мегаполисов принимают равным 8).

Коэффициент γ служит для измерения денежной оценки приведенных выбросов в атмосферу и в водные объекты. Этот коэффициент должен отражать все изменения, происходящие в экономике, и корректироваться в соответствии с протекающим в ней инфляционным процессом. Кроме того, этот коэффициент должен отражать умножающее воздействие на природную сре-

ду объемов выбросов или сбросов вредных веществ, превышающих их предельные для определенной территории величины. Иначе говоря, учитывать свойство **мультипликативности** вредных веществ.

Значения коэффициентов γ для атмосферного загрязнения и загрязнения водоемов не совпадают. Значение коэффициента γ для выбросов (сбросов), не превышающих их предельно допустимые величины (в пенах 1990 года), равны:

– воздушная среда: $\gamma'_a = 3,3$ руб./усл.т.

– водные объекты: $\gamma'_a = 443,5$ руб./усл.т.

Для выбросов (сбросов), превышающих их предельные значения:

– воздушная среда: $\gamma''_a = 15,8$ руб./усл.т.

– водные объекты: $\gamma''_a = 2346,7$ руб./усл.т.

Принимая во внимание свойство мультипликативности экономического ущерба окружающей среде, последний можно определять по формуле:

$$y = \begin{cases} \gamma' \sigma \sum_{i=1}^n a_i m_i, & \text{для вредных веществ при условии } m_i \leq \text{ПДС}_i \\ \gamma' \sigma \sum_{i=1}^n a_i \text{ПДС}_i + \gamma'' \sigma (m_i - \text{ПДС}_i), & \text{для вредных веществ при условии } m_i > \text{ПДС}_i. \end{cases}$$

Значения поправки f учитывающей характер рассеивания вредных примесей в атмосфере, определяют по дисперсному составу пыли и скорости ω ее осаждения или в зависимости от коэффициента очистки фильтров. Скорость осаждения ω определяют по специальным номограммам, а коэффициент очистки фильтров рассчитывается по формуле:

$$\eta = \left(1 - \frac{V_2}{V_1} \right) \cdot 100\%,$$

где V_1 – годовой объем выбросов пыли или твердых аэрозолей без очистки;
 V_2 – годовой объем выбросов пыли или твердых аэрозолей после очистки.

Для газообразных примесей поправку f рассчитывают по формуле, $\omega < 1$ см/с:

$$f = f_1 = \frac{100}{100 + \varphi H} \cdot \frac{4}{1 + U}, \quad \varphi = 1 + \frac{\Delta T}{75 \text{ } ^\circ\text{C}},$$

где φ – поправка на тепловой подъем факела в атмосферу; ΔT – среднегодовая разность температур в устье источника (трубы) и в окружающей атмосфере; H – геометрическая высота устья источника выбросов, м; U – среднегодовое значение модуля скорости ветра на уровне флюгера, м/с.

Если значение U неизвестно, то его принимают равным 3 м/с.

Для пыли и твердых аэрозолей:

$$\text{а) } \omega < 1-20 \text{ см/с и } \eta \geq 90 \%, f = f_1 = \frac{100}{100 + \varphi H} \cdot \frac{4}{1 + U},$$

$$\text{б) } \omega = 1-20 \text{ см/с и } 70\% \leq \eta < 90\%, f = f_1 = \sqrt{\frac{1000}{60 + \varphi H}} \cdot \frac{4}{1 + U},$$

$$\text{в) } \omega < 20 \text{ см/с и } \eta < 70 \%, f = f_3 = 10.$$

Поправка $f = 10$ принимается также при выбросах передвижными источниками загрязнения и при выбросах частиц пыли одновременно с парами воды.

Определение платы за выбросы

Введенная в России с 01.01.1991 г. система платежей за загрязнение окружающей среды предусматривала платежи:

- за выбросы загрязняющих веществ в атмосферу, в том числе за выбросы из стационарных и нестационарных источников загрязнения;
- за сбросы в поверхностные водоемы;
- за размещение отходов.

Основой исчисления платы за негативное воздействие являются ее **базовые нормативы**. Действующие нормативы утверждены постановлением Правительства РФ от 12 июня 2003 г. № 344 «О нормативах платы за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ стационарными и передвижными источниками, сбросы загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты, размещение отходов производства и потребления».

Нормативы платы за выбросы и сбросы загрязняющих веществ рассчитываются исходя из токсичных свойств каждого вещества через показатель его относительной опасности, обратно пропорциональный предельно допустимой концентрации вещества в воздушной или водной среде.

Установлены базовые нормативы платы для исчисления платы по 210 наиболее распространенным веществам, загрязняющим атмосферный воздух (руб./т), и 142 веществам, сбрасываемым в водные объекты. Установлены базовые нормативы двух видов: в границах предельно допустимых нормативов и временно согласованных нормативов (лимитов). Соотношение их установлено как 1:5.

Базовые нормативы платы за загрязнение и размещение отходов, которые устанавливает государство, должны корректироваться на поправочные

коэффициенты. Эти поправки к базовым нормативам платы отражают различия в экологических условиях, которые складываются в отдельных местах.

К экологическим условиям, или факторам, относят:

- природно-климатические особенности территорий;
- значимость природных и социально-культурных объектов.

Для воздушной среды в России выделены 11 регионов с соответствующими поправочными коэффициентами σ_a . Например, для Восточной Сибири $\sigma_a = 1,0$, а для Урала $\sigma_a = 2,0$. Для водных источников предложено 99 различных регионов. Для них установлены соответствующие коэффициенты σ_e , например, бассейн Белого и Баренцева морей $\sigma_e = 1,0$, реки Ростовской области – $\sigma_e = 1,26 - 1,85$.

Коэффициенты экологических факторов могут повышаться:

– для природопользователей, расположенных в зонах экологического бедствия, районов Крайнего Севера, территорий национальных парков, а также на территориях, включенных в международные конвенции, – в два раза;

– для природопользователей, осуществляющих выбросы загрязняющих веществ в атмосферу городов и крупных промышленных центров, – на 20 %.

Таким образом, дифференцированные ставки платы за загрязнения по конкретным территориям определяются умножением базовых нормативов на соответствующие поправочные коэффициенты σ .

Регулирование нормативов платы за загрязнение окружающей природной среды должно проводиться с учетом изменения уровня цен. Поэтому базовые ставки платежей за выбросы и сбросы должны постоянно корректироваться и успевать за темпами инфляции в стране. Такая корректировка проводится ежегодным введением поправочного коэффициента (индекса цены) к системе действующих базовых нормативов.

Согласно постановлению СМ № 344 (2003 г.) устанавливаются два вида базовых нормативов оплаты: платежи за выбросы в пределах установленных предельных нормативов и платежи в пределах установленных временно согласованных нормативов выбросов или сбросов.

В соответствии с таким порядком определения платы за загрязнения окружающей среды размеры платежей за выбросы (сбросы) от стационарных источников определяются следующим образом:

$$S = \begin{cases} \sigma \sum_i m_i n_i, & \text{если } m_i < q_i \\ \sigma \left[\sum_i q_i n_i + \sum_i (m_i - q_i) n_i' \right], & \text{если } q_i < m_i < l_i \\ \sigma \left[\sum_i q_i n_i + \sum_i (l_i - q_i) n_i' + 5 \sum_i (m_i - l_i) n_i' \right], & \text{если } m_i < l_i, \end{cases}$$

где S – размер платежей за выброс или сброс вредных веществ от стационарных источников, руб.; σ – коэффициент, учитывающий экологические факторы в регионе для атмосферы или водных источников; m_i – фактическая масса выбросов (сбросов) вредного вещества, т/год; q_i – предельно допустимый норматив выброса или сброса (ПДВ или ПДС), т/год; l_i – временно согласованный норматив выброса или сброса (ВСВ или ВСС) i -вредного вещества, т/год; n_i – базовая ставка платы за выбросы или сбросы в пределах ПДВ или ПДС, руб./т; n_i' – базовая ставка платы за выбросы или сбросы в пределах ВСВ или ВСС, руб./т.

Начисление платежей за выбросы или сбросы от стационарных источников производится в соответствии с данными о фактических выбросах по видам загрязнений для каждого предприятия. Указанная информация содержится в годовых формах статистической отчетности 2-ТП (водхоз) и 2ТП (воздух), по которым отчитываются природопользователи. Эти две формы статистической отчетности, а также балансы отходов в настоящее время и составляют основу экологического мониторинга в России. В этом случае важное значение для эффективности введенной системы платежей за загрязнения природной среды имеет правильное определение облагаемой величины выбросов или сбросов. Для стационарных источников необходимо обеспечить достаточную точность оценки фактической массы загрязнений.

На предприятиях в большинстве случаев отсутствует учет фактических выбросов или сбросов по данным инструментальных замеров. Учет проводится расчетным путем на основе проектных данных или технологических регламентов, но состояние оборудования и режимы его работы часто не соответствуют штатному состоянию и регламентам. В результате расчетные значения выбросов загрязнений отличаются от фактических. Для решения этой проблемы соответствующими органами должны проводиться моментные наблюдения (оперативный экологический мониторинг). Для этого в случайный момент времени производятся инструментальные замеры выбросов или сбросов и на их основе расчетным путем определяется фактическая масса загрязнений по вредным веществам. Если расчетные значения больше отчетных величин, то неучтенная в отчетности масса выбросов должна приравниваться к несанкционированному выбросу и облагаться по штрафным ставкам.

Плата за выбросы загрязняющих веществ в атмосферу от передвижных источников подразделяется на: плату за допустимые выбросы; плату за выбросы, превышающие допустимые.

Удельная плата за допустимые выбросы i -загрязняющих веществ (она является основой для расчета платежей за такие загрязнения) от передвижных источников при использовании l -видов топлива равна:

$$y_l = \sum_{i=1}^n H\sigma_i M_i,$$

где $H\sigma_i$ – базовый норматив платы за выброс 1 тонны i -загрязняющего вещества, не превышающий норматив, руб./т; M_i – масса загрязняющего вещества, которая содержится в отработанных газах исправного автомобиля, т.

В качестве основных загрязняющих веществ в этом случае рассматриваются: оксиды углерода и азота, углеводороды, сажа, соединения свинца, диоксид серы.

Удельная плата для различных видов топлива (постановление № 334 (2003 г.) составляет (руб./т):

бензин неэтилированный – 1,3 руб./т;

дизельное топливо – 2,5 руб./т;

сжиженный газ – 1,2 руб./т.

Тогда плата за допустимые выбросы загрязняющих веществ в атмосферу от передвижных источников определяется по формуле:

$$\Pi_H = \sum_{l=1}^L y_l T_l,$$

где Π_H – плата за допустимые выбросы загрязняющих веществ, l – вид топлива; y_l – удельная плата за допустимые выбросы от l -вида топлива, руб./т; T_l – количество l_2 -топлива, израсходованного передвижным источником за определенный период, т.

Плата за превышение допустимых выбросов загрязняющих определяется по формуле:

$$\Pi'_H = 5 \sum_{j=1}^P \Pi_{Hj} d_j,$$

где Π'_H – плата за превышение допустимых выбросов загрязняющих веществ от передвижных источников, руб.; $j = \overline{1, P}$ – тип транспортного средства; Π_{Hj}

– плата за допустимые выбросы транспортного средства, руб.; d_j – доля транспортных средств j -типа, не соответствующих требованиям стандарта технического состояния, к общему количеству проверенных средств.

Общая плата за выбросы загрязняющих веществ от передвижных источников определяется по формуле.

$$P_{общ.} = \sigma_a (P_H + P'_H),$$

где σ_a – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости состояния атмосферы в данном регионе.

В зависимости от вида отходов и степени их токсичности устанавливаются базовые нормативы ($H\sigma_{отх.}$) платы за размещение отходов. Виды отходов подразделяются на нетоксичные отходы, в том числе отходы добывающей и перерабатывающей промышленности, и токсичные отходы, подразделяющиеся на четыре класса токсичности.

В соответствии с этим были установлены различные базовые ставки платежа за 1 тонну отходов. Размеры базовых ставок в зависимости от вида отходов колеблются (постановление № 334 (2003 г.) от 0,4 до 1739,2 руб./т. Базовая ставка за размещение твердых бытовых отходов определяется по базовым нормативам платы нетоксичных отходов перерабатывающей промышленности ($H\sigma_{отх.} = 15$ руб./м³). Размер платы за размещение отходов определяется по следующей формуле:

$$P_{отх.} = \begin{cases} \sigma_0 \sum_{i=1}^n H\sigma_{отх.i} \cdot P_{отх.i}, & \text{если } M_{отх.i} \leq ПДО_{отх.i} \\ \sigma_0 \sum_{i=1}^n H\sigma_{отх.i} \cdot ПДО_{отх.i} + 5 \sum_{i=1}^n H\sigma_{отх.i} (M_{отх.i} - ПДО_{отх.i}), & \text{если } M_{отх.i} \geq ПДО_{отх.i} \end{cases}$$

где $M_{отх.}$ – фактическое размещение i -отходов, т или м³/год; i – вид отходов ($i=1, n$); $ПДО_{отх.i}$ – годовой лимит на размещение i отхода, т или м³/год; $H\sigma_{отх.}$ – базовый норматив платы за 1 т размещенных отходов в пределах установленного лимита, руб./т или м³; σ_0 – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости почв в данном регионе.

Экологизация промышленного сектора экономики

Основные элементы процесса экологизации производства: использование возобновимых запасов сырья и энергии, разработка и использование производственных процессов утилизации и переработки отходов различного

агрегатного состояния с целью более полного использования сырья и предотвращения загрязнения. Эти элементы должны реально способствовать росту объема производственных секторов российской экономики.

Экологизация производства предусматривает:

- предотвращение образования загрязняющих веществ, что предполагает максимально возможное создание малоотходных и экологически чистых производств и технологий;

- разработку производственных процессов, предусматривающих уничтожение, утилизацию и переработку отходов различного агрегатного состояния, энергосбережение и сбережение сырья и природных ресурсов;

- проведение прямых природоохранных и компенсационных мероприятий (очистные сооружения и установки по улавливанию загрязняющих веществ, рекультивация нарушенных земель, мероприятия по сохранению биоразнообразия и пр.);

- создание механизмов принятия решений по поддержке приоритетных проектов, направленных на снижение вредного воздействия на окружающую среду от хозяйственной деятельности, энерго- и ресурсосбережение, увеличение номенклатуры и количества производимой конечной продукции, получаемой из исходного сырья, и другое;

- создание новых финансовых механизмов привлечения инвестиций для создания экологизированных производств и экологически чистых технологий;

- экологическое воспитание и образование бизнес-сообщества, работников производственной сферы, органов управления, в т. ч. государственных.

Последнее направление считается определяющим в изменении экологического сознания жителей России, в выработке другой этики поведения по отношению к природе, в замещении существующей экономической парадигмы потребления на экологическую – разумной достаточности.

Проблема экологизации в особенности природозагрязняющих производств, например в теплоэнергетике, металлургии и других, должна решаться с системных позиций по всем направлениям деятельности таких предприятий с учетом равноприоритетности как экономических, так и экологических факторов.

Принципы экологизации производства должны соответствовать принципам функционирования природных систем. Выделим среди них основные:

- локальности, заключающийся в использовании локальных материальных отходов и энергетических отходов в качестве вторичных ресурсов региональными производственными (промышленными) эколого-экономическими системами, учете локальных, ограничивающих развитие экономики, факторов, взаимодействии и сотрудничестве между участниками локального рынка вторичных ресурсов. Следование этому принципу позволит адаптировать производство к локальным природным факторам, ограничивающим развитие, и снизить негативное воздействие на окружающую среду;

– каскадирования и рециклирования материальных отходов производства и энергии (вторичное сырье, тепловая энергия и др.). Согласно этому принципу, передача отходов и энергии должна осуществляться между элементами (участниками) эколого-экономической системы промышленного типа. Например, использование вторичного сырья, полученного в системе другими ее участниками;

– разнообразия. Этот принцип применительно к экологоэкономическим системам означает установление кооперативных связей между предприятиями, «производящими» отходы, и предприятиями, занимающимися переработкой и утилизацией отходов, конечными потребителями и муниципальными образованиями, как наиболее заинтересованными в сохранении качества окружающей среды. Это разнообразие участников рынка, основанное на разнообразии используемого сырья;

– постепенности изменений. Следование этому принципу предполагает комплексное использование первичных ресурсов, использование отходов как сырья. Это позволит скоординировать быстрые, опережающие изменения в социальной и промышленной сферах с темпами эволюции природных экосистем;

– территориальности. Разработку программ и проектов экологизации производства следует привязывать к определенным территориям (регионам), а не отраслям народного хозяйства. Это позволит системно, комплексно решать экологические проблемы, минимизировать антропогенные воздействия на определенных экологически неблагополучных территориях.

При этом следует иметь в виду, что любые экономические механизмы, ориентированные на экологизацию производства, а также потребление, в конечном итоге не достигнут искомого результата, если противоречат тем интересам, которые реально преследуются людьми в их повседневной жизни, их системе ценностей, их деятельной ориентации. В то же время, уже сегодня экологические издержки в секторах реальной экономики (производственные отрасли народного хозяйства) прямо конвертируются в экономические издержки. Это вызывает снижение рентабельности производства, уменьшение инвестиционной активности, а в регионах и в целом, по стране падение уровня жизни, рост бедности и т. п.

В итоге, главной целью экологизации производства следует считать достижение реального экономического роста без увеличения нагрузки на окружающую среду на основе передовой технологической базы при обеспечении социо-эколого-экономической эффективности производства, т. е. экологизация должна быть экономически обоснована (рентабельна), ее результаты должны иметь рынки сбыта, достигая при этом поставленные социальные и экологические цели. Такая трактовка цели экологизации коррелирует с распространенным мнением, что с помощью технологических средств можно вписаться в ассимиляционную емкость природных экосистем.

Индикаторы экологической оценки проектов экологизации производства

Актуальность эколого-экономической оценки проектов экологизации тесно связана с проблемой существования в обществе так называемых внешних эффектов, или экстерналий. В экологии под внешними эффектами понимают экологические выгоды (положительные эффекты (экстерналий) и такой экологический ущерб (отрицательные эффекты (экстерналий)), которые порождаются данным проектом (или предприятием), и воздействие которых распространяется на другие объекты или субъекты, не являющиеся непосредственными участниками (объектами) данного проекта (или предприятия). Необходимость проведения подобной эколого-экономической оценки объясняется существованием в экономике неучтенных интересов, которые связаны, в основном, с негативным воздействием на окружающую среду. Ущерб от такого воздействия и являются экстернальными издержками общества. Если частные издержки предприятия рассматривать в совокупности с экстернальными экологическими издержками, т. е. скорректировать их с учетом экологической составляющей, то такие совокупные экологические издержки должны включать:

- плату за пользование природными ресурсами (вода, энергия, земля, полезные ископаемые и т. д.);
- плату за использование ассимиляционного потенциала природной среды;
- плату за выбросы, сбросы и захоронение отходов (различного агрегатного состояния);
- плату за истощение природных ресурсов, связанную с их замещением или воспроизводством в будущем;
- издержки, связанные с будущей рекультивацией территории, демонтажом оборудования при утилизации объектов промышленности;
- плату за экологические ресурсы, которые «косвенно» используются в производстве продукции. Например, используемые материалы и само изготовление оборудования для экологически чистого производства может сопровождаться высоким уровнем загрязнения окружающей среды.

В процессе экологической оценки, во-первых, необходимо описать и провести анализ особенностей природной и антропогенной среды, которые могут отрицательно повлиять на осуществление и реализацию проекта экологизации. Во-вторых, что более важно, нужно оценить воздействие самого проекта на окружающую природную среду и, в конечном итоге, оценить эколого-экономическую эффективность проекта.

Наряду с показателями эффективности, отражающими формальный анализ инвестиций, объективизация экологической привлекательности экологических проектов требует учета параметров, более полно показывающих их содержательную специфику. Практическую перспективу имеет парамет-

рическое (содержательное) отражение специфики проектов экологизации, основанное на значительности их воздействия на окружающую среду. В связи с последним обратимся к процедуре управления окружающей средой на предприятии. При этом отметим, что в формате стандартов ИСО серии 14000 она предусматривает идентификацию экологических аспектов деятельности предприятия с оценкой значимости их воздействий на окружающую среду или ранжирование этих воздействий по степени экологической опасности.

Оценку реальных экологических угроз промышленных предприятий и, в частности, предприятий электроэнергетики от состояния их природоохранной деятельности (Гоулд Р., Лонгуорт К., 1992 г.) рекомендуют проводить, используя индикатор экологической активности, а также показатель, получивший название «гарант чистого воздуха», широко используемые за рубежом. Первый оценивает удельный вес фондов природоохранного назначения в общей стоимости основных фондов предприятия и характеризует уровень экологизации производства или эффективности средоохранной деятельности на основе проведенных или предполагаемых инвестиционных затрат.

Методы выбора проектов экологизации

Выбор вариантов проекта экологизации нельзя сводить только к их сравнению по какому-либо одному показателю, даже если он характеризует такую важную сторону проекта, как его экономическая эффективность. Во-первых, помимо экономических, существуют другие важные параметры экологизации, требующие учета в процедуре отбора проектов. Например, технические (надежность, безопасность), социальные (количество и структура рабочих мест, уровень социальных благ, снижение уровня заболеваемости населения), экологические (уровень воздействия на экосистемы, сохранение биоразнообразия и т. п.). Во-вторых, отдельные варианты проекта могут иметь преимущества и недостатки, зависящие от условий их реализации. Причем вероятность реализации этих условий заранее неизвестна, и поэтому нельзя оценить риски каждого варианта проекта.

Первая проблема является задачей многокритериального выбора, и ее решение возможно двумя способами:

- путем «свертки» всего набора параметров $f_1(x), f_2(x), \dots, f_n(x)$, которые характеризуют результативность проекта X , в единый показатель F , используемый затем для выбора наилучшего варианта;

- путем «отбраковки» из конечного множества доступных вариантов тех из них, которые заведомо неэффективны, поскольку хуже остальных по всем параметрам.

При использовании первого способа необходимо ввести общий соизмеритель F_j для всех ожидаемых результатов j -проекта:

$$F_j = C_1 f_1(x_j) + C_2 f_2(x_j) + \dots + C_n f_n(x_j),$$

где C_j – весовые коэффициенты (соизмерители), приводящие различные параметры в сопоставимый вид.

Другая проблема при выборе вариантов проектов экологизации заключается в неопределенности условий их реализации. В этом случае для их отбора могут использоваться критерии, не требующие знания вероятностей возможных исходов, например, максиминный критерий Вальда, критерий минимаксового риска Сэвиджа или критерий Гурвица.

Рекомендуемая литература: Основная

6. Мазур И. И., Молдаванов О. И., Шишов В. Н. Инженерная экология. Общий курс. В 2-х томах. Учебное пособие для вузов / Под ред. И. И. Мазура. – М.: Высшая школа. 1996. – 637 с.
7. Калыгин В. Г. Промышленная экология. Курс лекций. – М.: Изд-во МНЭПУ, 2000. – 240 с.
8. Мазур И. И., Молдаванов О. И. Курс инженерной экологии: Учеб. для вузов / Под ред. И. И. Мазура. – М.: Высшая школа. 1999. – 447 с.
9. Путилов В. Я. Экология энергетики: Учеб. пособие / Под. общ. ред. В. Я. Путилова. – М.: Изд-во МЭИ, 2003. – 716 с.
5. Промышленная экология: Учебное пособие / Под ред. В.В. Денисова. – М: ИКЦ «МарТ»; Ростов н/Д: Издательский центр «МарТ», 2007. – 720 с.
12. Квашнин И. М. Промышленные выбросы в атмосферу. Инженерные расчеты и инвентаризация. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2005. – 392 с.
13. Кулагина Т.А. Теоретические основы защиты окружающей среды: Учебн. пособие / Т.А. Кулагина. 2-е изд., перераб. И доп. Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2003. – 332 с.
14. Лозановская И. Н. Орлов Д. С., Садовникова Л. К. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении. Учеб. пособие. – М.: Высш. шк. – 1998. – 287 с.
15. Гриценко А. И., Аколова Г. С., Максимов В. М. Экология. Нефть и газ. – М.: Наука. 1997. – 598 с.
16. Челноков А. А., Ющенко Л. Ф. Основы промышленной экологии: Учеб. пособие. – Мн.: Высш. шк., 2001. – 343 с.
17. Кортс Ф., Бахадир М. И. и др. Экологическая химия: Пер. с нем. / Под ред. Ф. Кортс. – М.: Мир. 1997. – 396 с.
18. Гирусов Э. В. и др. Экология и экономика природопользования: Учебник для вузов. – М.: Закон и право, ЮНИТИ, 1998. – 455 с.

19. Кормилицын В. И. и др. Основы экологии. Учеб. пособие. М.: МПУ, 1997. – 368 с.
20. Луканин В. Н., Трофименко Ю. В. Промышленно-транспортная экология. Учебник для вузов. – М.: Высш. шк., 2001. – 273 с.
21. Гарин В. М., Кленова И. А. Экология для технических вузов. Серия «Учебники для технических вузов». Ростов-на-Дону: Феникс, 2001. – 384 с.
22. Методическое пособие по расчету, нормированию и контролю выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух (дополненное и переработанное) Санкт-Петербург, НИИ Атмосфера, 2005 – 211 с.

Дополнительная

1. Энциклопедия обращения с отходами / А.И. Матюшенко, Т.А. Кулагина, Г.П. Крючков, Л.Н. Горбунова; науч. ред. А.И. Матюшенко. – Москва – Смоленск: Изд-во «Маджента», 2007. – 472 с.
2. Промышленная экология. Определение количества отходов производства и потребления промышленного объекта: Метод. указания / Сост. Т.А. Кулагина, Е.Н. Писарева, С.В. Комонов. Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2004. – 59 с.
3. Гирин А.С., Новиков В.Н. Промышленные и бытовые отходы: Хранение, утилизация, переработка. – М.: ФАИР-ПРЕСС, 2002. – 336 с.
4. ОНД-86. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 94 с.
5. Отходы производства и потребления: энциклопедический словарь – справочник: в 2-х т./Т.А. Кулагина, Г.П. Крючков, А.И. Матюшенко и др.; ред. О.Н. Русак и Т.А. Кулагина. – М.: Изд-во «Маджента», 2007. 426 с., 466 с.