

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Брестский государственный технический университет»
Кафедра инженерной экологии и химии

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ «ЭКОЛОГИЗАЦИЯ ОТДЕЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ»

к лекционным и практическим занятиям по курсу
«ТЕХНОЛОГИЯ ОСНОВНЫХ ПРОИЗВОДСТВ И ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ»

для слушателей Института повышения квалификации и переподготовки кадров
специальности переподготовки
1-57 01 71 Промышленная экология и рациональное использование
природных ресурсов (квалификация - инженер-эколог)



Брест
2012

УДК [(504.5+628.5):66](07)

Методические указания содержат конспект лекций, в который включены сведения о экозащитных процессах, описание методов очистки газообразных выбросов, жидких стоков и утилизации твёрдых отходов, а также характеристика аппаратного оформления. В практической части приведены контрольные вопросы и задания, способствующие закреплению у слушателей полученных теоретических знаний.

Составители: Тур Э.А., *к.т.н., доцент*,
Головач А.П., *доцент*
Кафедра инженерной экологии и химии
УО «Брестский государственный технический университет»

Рецензент: Ступень Н.С., *к.т.н., доцент*
зав. кафедрой химии
УО «Брестский государственный университет
имени А.С. Пушкина»

© Учреждение образования
«Брестский государственный технический университет»

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

ВВЕДЕНИЕ

Поиск оптимального взаимодействия в системе «человек – окружающая среда» является основной проблемой практически всех областей экологии. Так, например, общая экология изучает биосферу в целом, как экосистему высшего порядка; предметом изучения экологии человека является сам человек, как объект воздействия окружающей среды; промышленная или инженерная экология изучает техногенное воздействие человека на окружающую среду и, наоборот, - влияние условий природной среды на функционирование предприятий. В этом случае человек выступает субъектом, оказывающим негативное воздействие на среду обитания, и нарушает основные принципы естественного устройства биосферы.

Техногенное воздействие – это целенаправленный процесс технической деятельности человека в биосфере и околоземном пространстве.

Под *биосферой*, по определению В.И. Вернадского, понимается часть земного шара, в пределах которой существует жизнь, или оболочка Земли, обусловленная прошлой или современной деятельностью живых организмов (включая и человека).

Искусственно созданный человеком технический мир (заводы, фабрики, транспортные и жилищные системы) называется **техносферой**. Технический мир находится в явном противоречии с законами жизни и естественными экологическими системами. Необходимым условием снижения техногенного воздействия человека на *окружающую среду* (ОС) является применение современных *экологически чистых технологий* – то есть таких методов производства продукции, при которых сырье и энергия применяются настолько рационально, что объемы выбрасываемых в ОС загрязняющих веществ и отходов сведены к минимуму. Теоретические основы, особенности и принципы организации такого типа производств и являются предметом изучения данного курса.

1 ЭКОЛОГИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

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 готовой продукции и дальнейшее использование в последующих циклах.

Пути ресурсосбережения показывают, что в основу концепции положено максимальное сбережение ресурсов на всех стадиях производства и использования.

Природные компоненты выступают лишь начальным или промежуточным звеном в длинной цепи процесса производства, 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 ресурсов, которые дойдут до потребителя в составе готовой продукции.

Такой подход требует тщательного анализа взаимозаменяемости и дополняемости факторов производства (трудовые ресурсы, средства производства, природные ресурсы) 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. Только с учётом такой взаимозаменяемости факторов, с точки зрения экономического и экологического подхода, определяются реальные потребности общества в природных ресурсах.

Таблица 1 – Пути и направления ресурсосбережения

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:
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

Реализация возможна путём построения для каждого ресурса природно-продуктивной вертикали или цепочки, соединяющей первичные 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 производства.. 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 отношении) потребляемых ресурсов при таком же или возрастающем объёме 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.

Таким образом, проектировщики на высоком уровне должны решать большой круг непростых, порой противоречивых по своим особенностям и последствиям задач экологического, экономического и социального характеров.

Чисто безотходных технологий, по-видимому, быть не может. На практике имеют в виду прежде всего малоотходные технологии, с внедрением которых полнота использования природных ресурсов, первично взятых у природы, высока, что приводит к снижению природоёмкости.

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.

2 КЛАССИФИКАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ

Самыми перспективными и прогрессивными методами обезвреживания твердых промышленных отходов следует считать те, которые могут быть включены в наименее опасные для здоровья людей и окружающей среды; это - высокоэффективные, замкнутые, мало- или безотходные технологические процессы данного вида производства. Не менее прогрессивным методом обезвреживания промышленных отходов является их широкое использование в народном хозяйстве, с учетом определенных гигиенических требований, гарантирующих полную безопасность такого использования для здоровья людей, отдаленных последствий, а также для охраны окружающей среды.

Все промышленные отходы делят на *утилизируемые* и *не утилизируемые*. Утилизируемые промышленные отходы не подлежат уничтожению или захоронению, а должны быть использованы в народном хозяйстве как топливо, стройматериалы, удобрения, исходное сырье для повторной переработки или регенерации отходов с целью получения вторичного сырья. Захоронение не утилизируемых отходов определяется их потенциальной опасностью для здоровья населения. Отходы обычно относят к тому же классу токсичности, что и содержащееся в них химическое вещество. Однако в промышленных отходах может содержаться сразу несколько веществ с

различным классом токсичности, и не меньшую опасность для окружающей среды и для организмов представляют такие свойства, как летучесть, растворимость этих химических веществ. Эти показатели учитываются в классификации промышленных отходов. В настоящее время не утилизируемые промышленные отходы в стране делятся на пять классов опасности с учетом их токсичности, влияния на окружающую среду и технологии обезвреживания промышленных отходов на полигонах.

К I классу относятся не утилизируемые нефте- и маслоотходы, которые содержат до 80% воды и до 10% грунта и механических включений. Обезвреживаются эти отходы сжиганием. Их количество стабильно и составляет по области примерно 5000 т в год.

К II классу относятся жидкие отходы, содержащие органические загрязнения с ХПК около 25000 мг/л. Эти отходы частично выпариваются в процессе сжигания органических загрязнений.

К III классу относятся жидкие отходы с минеральными загрязнениями (кислоты, щелочи, соли, гидроокиси тяжелых металлов). Нейтрализуются в котлованах за счет взаимного смешения и добавления реагентов.

К IV классу относятся условно-твердые отходы, в том числе пастообразные, которые смешиваются с опилками. Сгущенные таким образом отходы помещают в котлован и изолируют сверху слоем грунта. На эту почву высевают травы, высаживают деревья и декоративные кустарники.

К V классу относятся особо токсичные сильнодействующие ядовитые соединения. Их прием и захоронение производят в металлических контейнерах. Предприятие-поставщик, кроме паспорта, характеризующего состав отходов, представляет акт о герметичности контейнера. Количество подобных отходов составляет примерно 0,5—1,0% от всей перерабатываемой на полигоне массы.

3 ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ГАЗООБРАЗНЫМИ И АЭРОЗОЛЬНЫМИ ВЫБРОСАМИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

3.1 Виды промышленных газообразных выбросов

Под атмосферным воздухом понимают жизненно важный компонент окружающей среды (ОС), представляющий собой естественную смесь газов и находящийся за пределами жилых, производственных и других помещений. Охрана атмосферного воздуха – ключевая проблема оздоровления ОС. Атмосферный воздух выполняет сложнейшую защитную экологическую функцию, предохраняя Землю от абсолютно холодного космоса и потока солнечного ультрафиолетового и ионизирующего излучения. В атмосфере идут глобальные метеорологические процессы, формируются климат и погода, задерживается масса метеоритов.

Атмосфера обладает способностью к самоочищению. Оно происходит при вымывании осадками аэрозолей, турбулентном перемещении приземного слоя воздуха, оседании загрязненных веществ. Но на сегодняшний момент атмосферный воздух уже не в полной мере выполняет свои защитные, терморегулирующие и жизнеобеспечивающие функции из-за различных видов загрязнений.

Естественное загрязнение воздуха вызвано природными процессами. К ним относятся: вулканическая деятельность, ветровая эрозия, массовое цветение растений, дым от лесных и степных пожаров и др.

Антропогенное загрязнение связано с выбросом загрязняющих веществ в результате деятельности человека. По масштабам антропогенное загрязнение значительно превосходит природное.

По агрегатному состоянию выбросы вредных веществ в атмосферу классифицируются как:

1. газообразные (диоксид серы, оксиды азота, оксид углерода, углеводороды);
2. жидкие (кислоты, щелочи, растворы солей);
3. твердые (канцерогенные вещества, свинец, его соединения, органическая и неорганическая пыль, сажа, смолистые вещества)

Помимо указанных загрязняющих веществ и химических соединений в атмосфере городов наблюдается загрязнение еще 70 видами вредных веществ.

Наиболее опасное загрязнение атмосферы – *радиоактивное*, обусловленное в основном долгоживущими радиоактивными изотопами – продуктами испытаний ядерного оружия и действующих АЭС, аварийных выбросов (суммарный выброс радиоактивных веществ во время Чернобыльской катастрофы составил 77 кг, при атомном взрыве в Хиросиме их образовалось лишь 740 г).

Кроме указанных видов загрязнений атмосферы, наблюдается еще *тепловое* загрязнение («острова теплоты» над большими городами).

Основные источники загрязнений и вредных воздействий на атмосферу – энергетические устройства, сжигающие твердое, жидкое и газообразное топливо, транспорт, предприятия черной и цветной металлургии, химическая, горнодобывающая и перерабатывающая промышленность, целлюлозно-бумажная и нефтеперерабатывающая промышленность.

Состав промышленных выбросов в атмосферу чрезвычайно разнообразен: в них содержатся сотни химических соединений в виде газов, аэрозолей или паров. Сжигание топлива и многие промышленные процессы поглощают из атмосферы содержащийся в ней кислород. Выбросы в атмосферу и извлечение из нее кислорода приводят к глобальным и локальным изменениям воздушной среды.

Выделение аэрозолей от предприятий и транспорта создает над современными промышленными городами и районами шапки мглы, препятствующие проникновению солнечных лучей. Высокая концентрация загрязнителей в воздухе над многими крупными городами опасна для здоровья людей, зеленых насаждений, а также служит причиной разрушениязданий.

Газопылевые промышленные выбросы часто мигрируют, распространяясь на большие расстояния; общеизвестен факт выпадения кислотных дождей от выброса SO_2 и тумана H_2SO_4 предприятиями одной страны на территории другой.

В таблице 2 представлены сведения о количестве газопылевых выбросов в атмосферу по отраслям мировой промышленности.

В газообразных промышленных выбросах вредные примеси можно разделить на две группы: *взвешенные частицы (аэрозоли) и газообразные и паробразные вещества.*

Таблица 2 - Сведения о количестве газопылевых выбросов

Отрасль	Количество выбросов, %
Энергетика (тепловые электростанции)	43,0
Черная и цветная металлургия	23,1
Нефтеперерабатывающая промышленность	10,8
Прочие отрасли	23,1

К *аэрозолям* относятся взвешенные твердые частицы (пыль, дым) неорганического и органического происхождения, а также взвешенные частицы жидкости (тумана).

Пыль – это дисперсная малоустойчивая система, содержащая больше крупных частиц, чем дым и туман. Счетная концентрация (число частиц в 1 см³) мала по сравнению с тем же показателем дыма и тумана. Неорганическая пыль в промышленных газовых выбросах образуется при горных разработках, переработке руд, металлов, минеральных солей и удобрений, строительных материалов, карбидов и других неорганических веществ. Промышленная пыль органического происхождения – это угольная, древесная, торфяная, сланцевая пыль, сажа и т.д.

К *дымам* относятся аэродисперсные системы с малой скоростью осаждения под действием силы тяжести. Дымы образуются при сжигании топлива и его деструктивной переработке, а также в результате химических реакций, например в результате взаимодействия аммиака и хлороводорода, окислении паров металлов в электрической дуге и т.д. *Размеры частиц в дымах много меньше, чем в пыли и туманах и составляют от 0,5 мкм до субмикронных размеров, т.е. менее 0,1 мкм.*

Туманы состоят из капелек жидкости, образующихся при конденсации паров или распылении жидкости. В промышленных выхлопах туманы образуются в основном из кислоты: серной, фосфорной и др.

К газообразным и парообразным веществам, содержащимся в промышленных газовых выхлопах, относятся: кислоты, галогены и галогенопроизводные, газообразные оксиды, альдегиды, кетоны, спирты, углеводороды, амины, нитросоединения, пары металлов, пиридины, меркаптаны и многие другие компоненты. Эта группа вредных примесей наиболее многочисленна.

В настоящее время безотходная технология находится в стадии становления. Полностью безотходных предприятий просто не существует, поэтому основной задачей газоочистки является снижение содержания токсичных веществ в газовых выбросах до уровня предельно допустимых концентраций (ПДК). При содержании в воздухе нескольких токсичных веществ их суммарная концентрация не должна превышать 1:

$$\frac{C_1}{ПДК_1} + \frac{C_2}{ПДК_2} + \dots + \frac{C_n}{ПДК_n} = 1$$

где C_1, \dots, C_n – фактическая концентрация загрязнителей в воздухе, мг/м³, ПДК₁, ..., ПДК_n – предельно допустимые концентрации соответствующих загрязнителей, мг/м³.

При невозможности достигнуть ПДК очисткой, иногда применяют выброс газов через высокие дымовые трубы для рассеивания примесей в верхних слоях атмосферы. Теоретическое определение примесей в нижних слоях атмосферы в зависимости от высоты трубы и других факторов связано с законами турбулентной диффузии. При этом можно рассчитать предельно допустимый выброс, г/сек, (ПДВ) вредных примесей в атмосферу, обеспечивающий концентрацию этих веществ в приземном слое воздуха не выше ПДК.

Однако достижение ПДК с помощью «высоких труб» не предохраняет атмосферу, а лишь переносит загрязнения из одного района в другие.

3.2 Санитарно-защитные зоны

Исходя из санитарных норм и правил любые объекты, которые являются источниками выбросов 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).

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 токсических веществ установлены следующие минимальные размеры СЗЗ: предприятия I класса опасности = 2000 м; 2-ого = 1000 м; 3-его = 500 м; 4-го = 300 м; 5-ого = 100 м. Допускается размер СЗЗ = 50 м для предприятий пищевой промышленности, общественного питания, зрелищных и культурных объектов.

СЗЗ отделяют промышленные зоны от жилых (селитебных) зон лесополосами, парковыми и лесопарковыми зонами. 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 СЗЗ, обочин дорог обычно выбирают древесные, кустарниковые, цветочные и газонные растения в зависимости от климатических условий, характера производства и эффективности данной породы для очистки воздуха. А также ее устойчивости к вредным газам. Установлено, например, что наиболее стойкими являются акация белая, атлант высокий и 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 наличии зеленых насаждений концентрация диоксида серы, сероводорода и диоксида азота снижается в 3-4 раза.

4 ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДЛЯ ОЧИСТКИ ГОЗОВОЗДУШНЫХ, АЭРОЗОЛЬНЫХ И ПАРООБРАЗНЫХ ВЫБРОСОВ

В соответствии с характером вредных примесей различают методы очистки воздуха от аэрозолей и от газо- и паробразных примесей. Все методы очистки

определяются в первую очередь физико-химическими свойствами примесей, их агрегатным состоянием, дисперсностью, химическим составом.

4.1 Методы сухой очистки газовых выбросов от аэрозолей

Методы очистки от аэрозолей по их основному принципу можно разделить на: *механические, электростатические, звуковую и ультразвуковую коагуляцию.*

Механическая очистка газов включает сухие и мокрые методы. К сухим относятся гравитационное осаждение, инерционное и центробежное пылеулавливание, фильтрация. В большинстве промышленных газоочистительных установок комбинируется несколько методов очистки, причем конструкции очистных аппаратов весьма многочисленны.

Гравитационное осаждение основано на осаждении взвешенных частиц под действием силы тяжести при движении запыленного газа с малой скоростью, без изменения направления потока (рис.1).

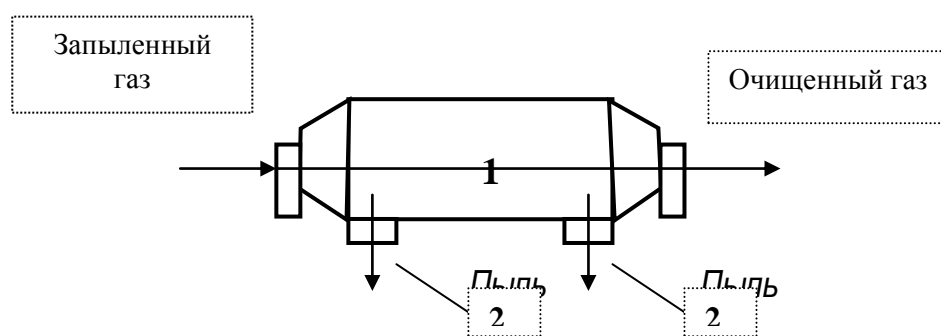


Рис. 1 Полая пылеосадительная камера:

1 – корпус, 2 – бункер со штуцером для удаления пыли

Производительность пылеосадительных камер рассчитывают по формуле:

$$P = S \cdot \omega_0,$$

где S - площадь горизонтального сечения камеры, m^2 , ω_0 – скорость осаждения частиц, m/s .

Гравитационное осаждение действенно лишь для крупных частиц, диаметром более 50-100 μm , степень очистки не превышает 40-50%. Метод пригоден для предварительной грубой очистки.

Инерционное пылеулавливание основано на стремлении взвешенных частиц сохранять первоначальное направление движения при изменении направления газового потока. Чаще всего применяют жалюзийные пылеулавливатели с большим числом щелей (жалюзи). Частицы пыли с размером меньше 20 μm в жалюзийных аппаратах не улавливаются. Степень очистки в зависимости от дисперсности частиц составляет 20-70%. Помимо низкой эффективности недостаток этого метода – быстрое истирание или забивание щелей.

Центробежные методы очистки газов основаны на действии центробежной силы, возникающей при вращении очищаемого газового потока в очистном аппарате (циклон). (рис.2) или при вращении частей самого аппарата (ротоклон).

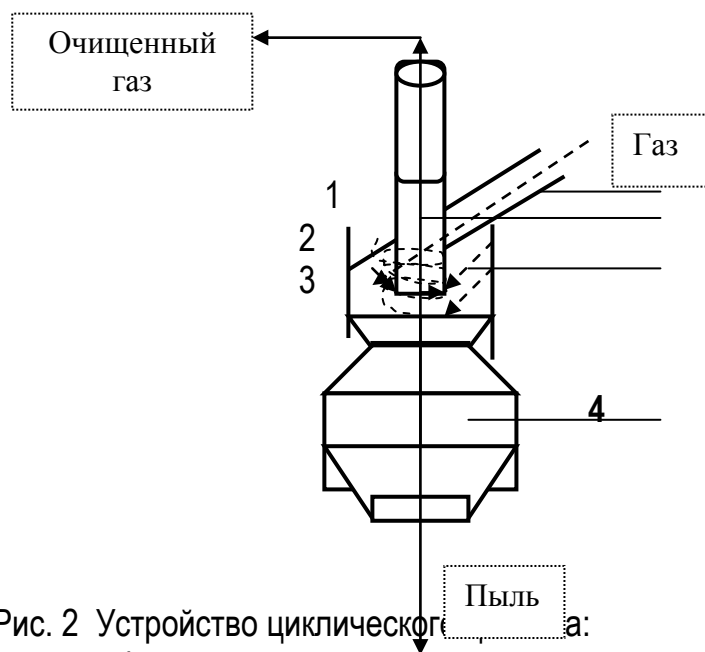


Рис. 2 Устройство циклического циклона:
 1 –патрубок, 2-внутренний цилиндр, 3 –наружный цилиндр, 4 – бункер.

Циклоны наиболее часто применяются в промышленности для осаждения твердых аэрозолей. Газовый поток подают в цилиндрическую часть циклона тангенциально, он описывает спираль по направлению к дну конической части и затем меняет направление движения на 180° и устремляется вверх на выход через турбулизованное ядро потока у оси циклона. По конструкции циклоны подразделяются на циклические, конические и прямоточные.

Под действием центробежной силы частицы пыли прижимаются к внутренним стенкам наружного цилиндра и скатываются в пылесборник. Циклоны широко применяются для улавливания частиц размерами более 10 мкм, то есть при грубой и средней очистке газа от аэрозолей.

В ряде случаев для очистки газового потока от взвесей применяются *фильтры*. В таких устройствах газовый поток проходит через волокно (фильтрующий материал), при этом частицы, обладающие инерцией, сталкиваются с ним и захватываются. В зависимости от фильтрующего материала фильтры разделяются на:

- тканевые (хлопок, шерсть, химические волокна, и др.);
- волокнистые (стекловолокно, хлопок с асбестом, асбоцеллюлоза);
- зернистые (керамика, металлокерамика, пластмасса).

Наиболее совершенными и универсальными аппаратами для очистки выбросов от взвешенных частиц являются *электрические фильтры*, в основе работы которых лежит осаждение взвешенных частиц под действием электрических сил. Улавливание пыли в электрофильтрах включает следующие стадии: электрическая зарядка взвешенных в газе частиц; движение заряженных частиц к электродам; осаждение их на электродах и удаление осажденных частиц с электродов. Промышленные электрофильтры состоят из ряда заземленных пластин или труб, через которые пропускают очищаемый газ. Между осадительными электродами подвешены проволочные коронирующие (создают поле

высокого напряжения 25-100 кВ) электроды. Степень очистки от аэрозолей – выше 90%. Недостатки этого метода – высокая себестоимость (капиталовложения и эксплуатационные расходы) и значительный расход энергии – до 0,1-0,5 кВт на 1000 м³ очищаемого газа.

Фильтрация – весьма распространенный метод тонкой очистки газов. Ее преимущества – сравнительно низкая стоимость оборудования и высокая эффективность (до 99,9%) тонкой очистки. Недостатки – высокое гидравлическое сопротивление и быстрое забивание фильтрующего материала пылью.

4.2 Методы «мокрой» очистки газовых выбросов от аэрозолей

Мокрая очистка газов от аэрозолей основана на промывке газа жидкостью (например, водой) при возможно более развитой поверхности контакта жидкости с частицами аэрозоля и возможно более интенсивном перемешивании очищаемого газа с жидкостью. Этот универсальный метод очистки газов от частиц пыли, дыма и тумана любых размеров наиболее распространен на заключительной стадии механической очистки (особенно для газов, подлежащих охлаждению). С этой целью применяют орошаемые циклоны (центробежные скрубберы); пенные аппараты; скрубберы Вентури.

Основной недостаток всех методов мокрой очистки газов от аэрозолей – образование больших объемов жидких отходов (шлама). Если не предусмотрена замкнутая система водооборота и утилизация всех компонентов шлама, то мокрые способы газоочистки по существу только переносят загрязнители из газовых выбросов в сточные воды, то есть из атмосферы в гидросферу.

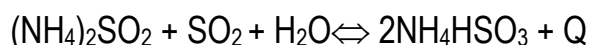
Для увеличения размера частиц в аэрозолях можно применять методы звуковой и ультразвуковой коагуляции а также предварительной электризации, но при этом концентрация частиц аэрозоля должна быть не менее 2 мг/м³.

4.3 Очистка газовых выбросов от газообразных примесей

Для улавливания газообразных примесей, в виде оксидов серы и азота, сероводорода и др. применяют методы *хемосорбции, адсорбции, каталитического и термического окисления.*

Хемосорбция (химическая абсорбция) основана на поглощении газов жидкими поглотителями с образованием малолетучих химических соединений. Молекулы загрязняющих веществ могут адсорбироваться жидкой поверхностью физически либо взаимодействовать с адсорбентом и превращаться в другие вещества. Большинство реакций, протекающих в процессе хемосорбции, является экзотермическими и обратимыми. Эти свойства используются для выделения чистых концентрированных продуктов. Например, для очистки выбросов от диоксида серы применяется аммиачно-циклический метод.

Первая стадия



при температуре 0-35⁰С протекает слева направо, а при кипячении – в обратном направлении. Поэтому когда раствор, насыщенный NH₄HSO₃, нагревают, то при этом выделяется концентрированный SO₂, который является сырьем для получения серной кислоты. Хемосорбцию проводят в специальных устройствах – абсорберах (рис. 3). В этих аппаратах абсорбция может быть осуществлена противоточно либо прямоточно. Жидкость диспергируется в потоке газа или газовый поток барботирует через жидкость

(использование насадочных скрубберов, пенных аппаратов, безнасадочных форсуночных абсорберов и др.). В качестве абсорбентов применяют воду, растворы аммиака, едких и карбонатных щелочей, солей марганца, этаноламины, масла, суспензии гидроксида кальция, сульфат магния и т.д.

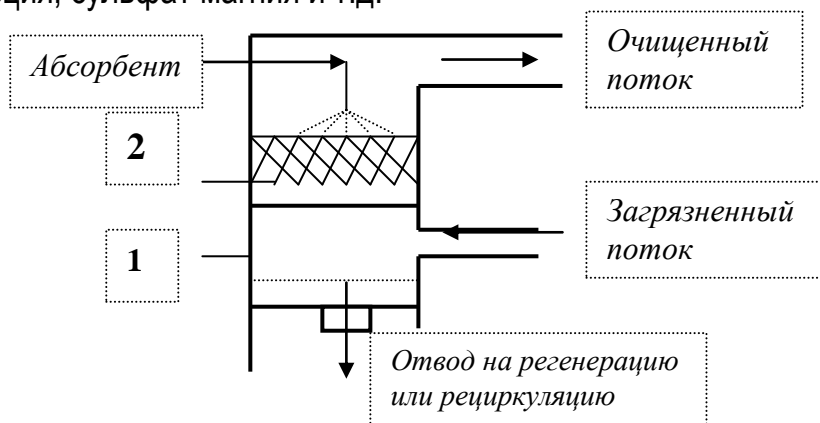


Рис. 3 Схема абсорбера:
1 – корпус абсорбера; 2 – сетка с насадками

Показателями абсорбционных методов являются степень очистки (ПДК) и коэффициент массопередачи, которые зависят от растворимости газа в абсорбенте, технологического режима в реакторе, скорости химических реакций и др. Абсорбционные методы характеризуются непрерывностью и универсальностью процесса, экономичностью и возможностью извлечения больших количеств примесей из газов. Недостаток этих методов состоит в том, что они обеспечивают высокую степень очистки только при большом числе ступеней очистки. Поэтому технологические схемы мокрой очистки, как правило, сложны, многоступенчаты, а реакторы имеют большой объем.

Адсорбция (физическая) – основана на селективном поглощении вредных газов и паров твердыми адсорбентами, имеющими развитую микропористую удельную поверхность ($S_{уд}$ – отношение поверхности к массе, m^2/g).

В адсорберах очищаемый газовый поток пронизывает снизу вверх слой адсорбента, который состоит из зернистого материала (рис.4). При этом вредные примеси связываются адсорбентом и впоследствии могут быть выделены из него. Применяются адсорберы с неподвижным фильтрующим слоем (прерывистого действия) и адсорберы непрерывного действия, в которых адсорбент медленно перемещается и одновременно очищает проходящий через него поток.

Адсорбционные методы применяют для различных технологических целей: разделение парогазовых смесей на компоненты с выделением фракций, осушка газов, санитарная очистка газовых выхлопов.

Наиболее перспективны непрерывные циклические процессы адсорбционной очистки в реакторах с движущимся или взвешенным слоем адсорбента, так как обеспечивают высокую производительность по газу, возможность регенерации и возврата продукта в производство. Адсорбционные методы наиболее эффективны для удаления токсичных примесей, содержащихся в малых концентрациях – как

завершающий этап очистки газов. Недостаток адсорбционных установок – малая интенсивность реакторов, высокая стоимость периодической регенерации сорбента.

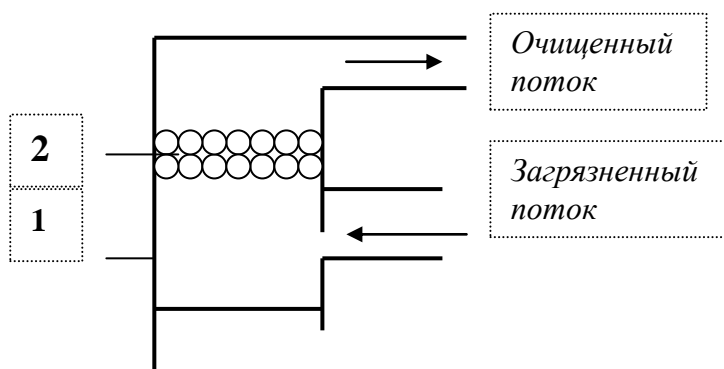


Рис. 4 Схема адсорбера:

1 – корпус адсорбера; 2 – сетка с адсорбентом (активированный уголь, силикагель, алюмогель, природные и синтетические цеолиты)

Каталитические методы очистки газов основаны на реакциях в присутствии твердых или жидких катализаторов, то есть на закономерностях гетерогенного или гомогенного катализа. В результате каталитических реакций примеси, в отличие от рассмотренных методов, не извлекаются из газа, а трансформируются либо в безвредные соединения, либо в соединения, легко удаляемые из газового потока (в этом случае необходимы дополнительные операции). Трудно провести границу между адсорбционными и каталитическими методами, поскольку такие традиционные сорбенты как активированный уголь и цеолиты, служат активными катализаторами для многих химических реакций. Однако методы утилизации соединений, полученных при катализе иные, чем в адсорбционных процессах.

Примером каталитического процесса может служить окисление оксида серы (IV) в оксид серы (VI) на угольном катализаторе. В присутствии паров воды на поверхности угля в результате окисления SO_2 образуется серная кислота, концентрация которой после регенерации угля составляет от 15 до 70%. В качестве твердофазных катализаторов могут также использоваться оксиды ванадия, железа, меди или хрома, полиоксидные катализаторы. При жидкофазном каталитическом окислении диоксида серы в качестве катализатора используются соли марганца или железа. В этом случае орошающий раствор поглощает из газа SO_2 .

Каталитические методы обеспечивают глубокую очистку газов при сравнительно невысоких температурах и обычном давлении, а также при весьма малых концентрациях примесей. Установки каталитической очистки просты в эксплуатации и малогабаритны. Недостаток метода – образование новых веществ, которые подлежат удалению из газа другими методами (адсорбцией, абсорбцией), что усложняет установку и снижает общий экономический эффект.

Термический метод предусматривает высокотемпературное сжигание вредных примесей. Его применяют для удаления горючих веществ, например, предельных и ароматических углеводородов, или оксида углерода (II). Простейший метод – факельное

сжигание. В этом случае примеси служат топливом, температура процесса – 750 – 900°C и теплоту горения примесей можно утилизировать.

Для полноценной очистки газовых выбросов целесообразны комбинированные методы с применением на разных стадиях грубой, средней и тонкой очистки, а на стадиях доочистки – использование адсорбционных и каталитических методов.

4.4 Каталитические реакторы для дожига отходящих газов

Для очистки промышленных газовых выбросов от органических примесей и вредных сернистых соединений применяют термические и каталитические методы. Они являются наиболее перспективными методами обезвреживания органических примесей в газовых выбросах химических, коксохимических, металлургических заводов и других предприятий, так как надежны, дешевы и достаточно эффективны.

Процессы глубокого термокаталитического окисления проводят в специальных реакторах, которые обычно работают в двух режимах: стационарном и нестационарном.

Реактор с платиновым катализатором представляет собой конструкцию башенного типа, включающую многоходовой трубчатый воздухоподогреватель — рекуператор, встроенный смешивающий воздухоподогреватель и газовую горелку, в верхней части размещена каталитическая камера. Реактор оборудован системой КИПиА, позволяющей выполнять по заданной программе пусковые и остановочные операции, а также поддерживать оптимальный тепловой режим. Самым простейшим аппаратом является реактор с неподвижным слоем катализатора (рис. 5). Однако в нем трудно равномерно распределить поток газов и избежать градиентов температуры по слою катализатора, а также предотвратить разложение реагентов на перегретых участках при снижении скорости реакции на ненагретых. Более сложен полочный реактор с несколькими слоями катализатора (рис. 6).

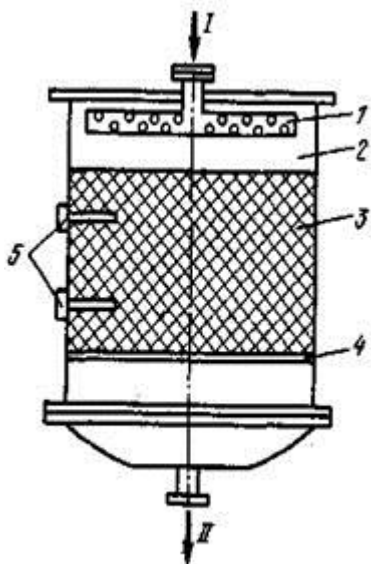


Рис. 5 Реактор с неподвижным слоем катализатора:
1 — газораспределитель; 2 — камера смешения; 3 — катализатор; 4 — решетка; 5 — термодатчики; I — ввод газов; II — очищенные газы

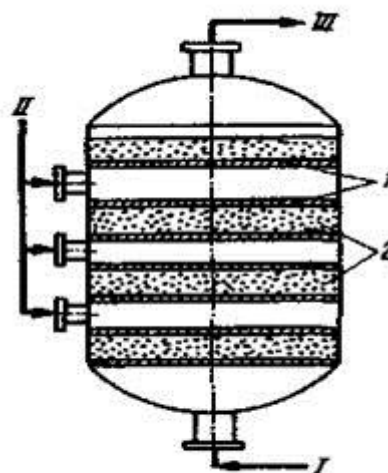


Рис. 6 Полочный реактор:
1 - опорная сетка; 2 - слой катализатора;
I - ввод газов;
II - ввод холодного воздуха;
III - 380 °C

В нем поток газа лучше распределяется и охлаждается между слоями, причем можно вводить горячий и холодный газ, а в разных слоях поместить разные катализаторы; кроме того, можно избирательно заменять слой дезактивированного катализатора и поддерживать различную температуру в слоях.

В аппарате газоочистки (рис. 7) газы поступают в трубное пространство теплообменника и далее в реактор, где смешиваются с дымовыми газами сжигания топлива в панельных горелках, проходят через слой катализатора, а затем через межтрубное пространство теплообменника сбрасываются в атмосферу. Наиболее многочисленны реакторы со встроенными рекуператорами тепла КВ, в корпусе которых размещен слой катализатора и теплообменник (рис. 8).

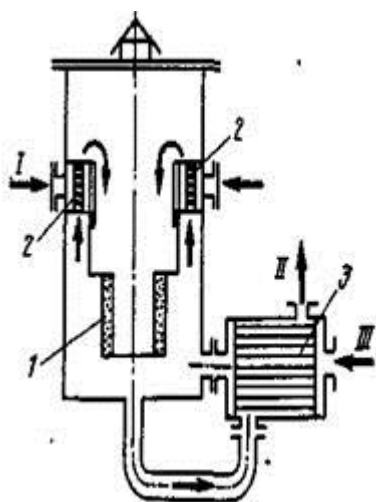


Рис. 7 Каталитический реактор:
1—катализатор; 2—панельные горелки;
3—кожухотрубчатый теплообменник;
I—природный газ;
II, III—соответственно выход и вход газов

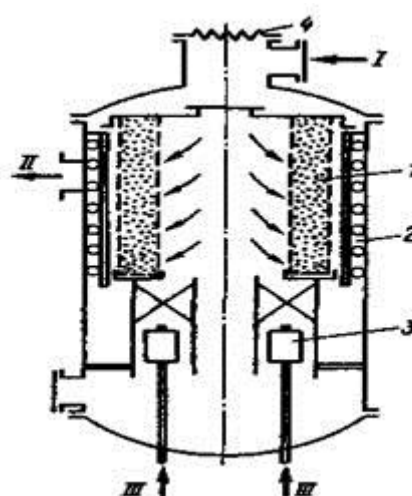


Рис. 8 Реактор типа КВ
1—катализатор;
2—теплообменник; 3—горелка;
I—загрязненные газы;
II—очищенные газы; III—топливо

Таким образом, каталитический способ очистки газовых выбросов от органических примесей внедрен в различных отраслях промышленности. Однако большинству реакторов присущи недостатки: периодичность работы, низкая производительность, отсутствие пылеочистных устройств и высокая стоимость.

5 ТВЁРДЫЕ ОТХОДЫ И ИХ УТИЛИЗАЦИЯ

5.1 Источники образования и классификация твёрдых отходов

Во всем мире образуется огромное количество твердых отходов. Отвалы, свалки и полигоны для твердых отходов занимают большие площади. В соответствии с принятой классификацией (ГОСТ 25916-83), твердые отходы подразделяются на *отходы производства* и *отходы потребления*. И те, и другие могут являться *вторичным сырьем* для промышленного производства.

Отходами производства являются остатки сырья, материалов и полуфабрикатов, образовавшиеся в процессе производства продукции и утратившие исходные потребительские свойства, а также вещества, улавливаемые при очистке отходящих технологических газов и сточных вод.

Отходами потребления являются изделия и материалы, утратившие потребительские свойства в результате физического или морального износа.

К *вторичному сырью* относятся вторичные материальные ресурсы, которые могут быть использованы в промышленности.

Отходы подразделяют:

- *в зависимости от объема* - на крупнотоннажные и малотоннажные;
- *по влиянию на окружающую среду* – на вредные и безвредные;
- *по ценности компонентов* – на дорогостоящие и дешевые;
- *по физико-химическим свойствам* – на активные и инертные.

Основными источниками твердых отходов являются:

- энергетика (зола и шлаки от сжигания твердого топлива);
- черная и цветная металлургия (шлаки, формовочная земля, коксовые остатки);
- угледобывающая промышленность (отвалы);
- деревообрабатывающая промышленность (опилки, стружки, остатки древесины, кора);
- химическая промышленность (химические вещества в широком ассортименте, фосфогипс и т.д.) и смежные отрасли.

При их функционировании образуется большое количество твердых отходов, сокращающих земельный фонд и отравляющих почву.

Помимо твердых промышленных отходов (ТПО), в жилых массивах образуется много твердых бытовых отходов (ТБО). Например, в состав ТБО в Минске входят:

- бумага и картон – 28,8%;
- металлы – 5,7%;
- пищевые отходы - - 28,5%;
- пластмасса – 5,1%;
- текстиль – 3,1%;
- стекло – 4,4%;
- горючие материалы – 1,8%;
- инертные материалы – 3,4%;
- отсев (мелкие частицы менее 15 мм) – 19,2%.

5.2 Методы переработки твердых промышленных и бытовых отходов

Экологическая политика Республики Беларусь направлена на стабилизацию, а в дальнейшем – на сокращение загрязнения окружающей среды отходами и экономию природных ресурсов за счет максимально возможного вторичного вовлечения отходов в хозяйственный оборот. Предусматривается решение следующих задач:

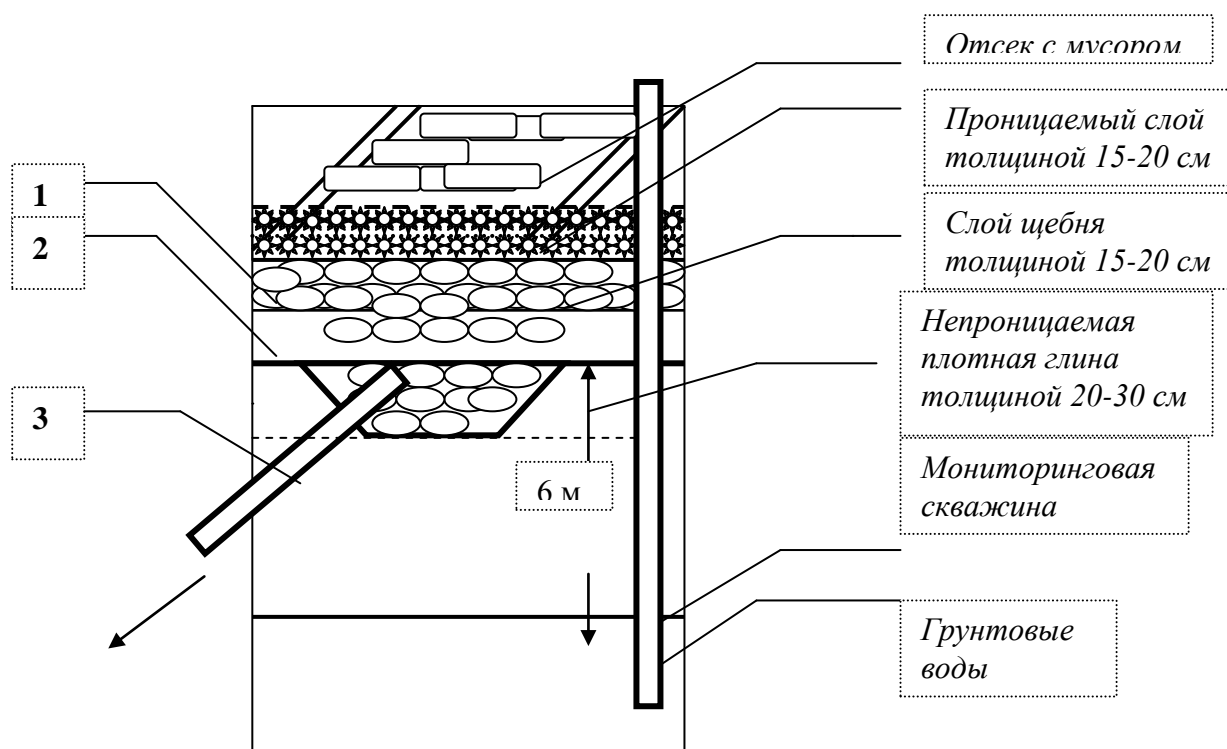
- снижение объемов образования отходов на основе внедрения малоотходных и безотходных технологий;
- сокращение видов и объемов токсичных и опасных отходов на основе применения новых технологических решений;

- эффективное использование сырьевого и энергетического потенциала вторичных материальных ресурсов;
- экологически безопасное размещение отходов;
- целенаправленное распределение финансовых и иных ресурсов на удаление отходов и их вовлечение в хозяйственный оборот.

Неуклонный рост выработки различных химических веществ сопровождается, как правило, соответствующим увеличением количества вредных отходов. К отходам относятся продукты побочных реакций не находящие применения, продукты неполного или глубокого превращения, полимеризации, газы, не вступившие в реакцию. Вспомогательные материалы и вещества: отработавшие катализаторы, абсорбенты, адсорбенты, тара и фильтровальные материалы не пригодные для повторного использования и др.; механические потери сырья, промежуточных и готовых продуктов вследствие не герметичности оборудования и коммуникаций; сточные воды химических производств.

Основным направлением ликвидации и переработки твердых промышленных отходов (ТПО) является *захоронение на полигонах, сжигание* (в частности методом пиролиза), *складирование в поверхностных хранилищах* (шламонакопители). Способ обезвреживания и захоронения отходов зависит от агрегатного состояния, водорастворимости и класса опасности их соединений. Подробно методика определения класса токсичности твердых отходов рассматривается на практических занятиях.

Захоронение промышленных токсичных отходов на полигонах – участках, не имеющих хозяйственного значения, проводят после их стабилизации обработкой связующими или цементирующим веществами – жидким стеклом, цементными растворами, битумами. Полученные блоки закладывают в карьеры, овраги, скважины, шурфы и другие естественные или искусственные углубления в поверхностных слоях земли (глубиной до 12 м). Такой метод захоронения применяют для отходов, содержащих соединения ртути, мышьяка, цианидов, а также для слаборадиоактивных отходов.



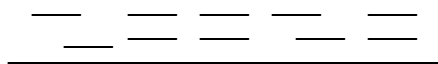


Рис. 9 Схема разреза захоронения твердых отходов и дренажа фильтрата:

1 –фильтрующий слой войлока; 2 –тканевое стекловолокно; 3 – отводная труба для сбора фильтрата в непроницаемый резервуар.

Полигоны запрещено размещать в сильно заболоченных местах, на территориях лесных зон, городов, в зонах санитарной охраны, курортах, в зоне питания подземных источников питьевой воды, в зонах активного карста, оползней, селевых потоков, снежных лавин. Строительство и эксплуатация полигонов осуществляется в соответствии с техническим нормативно-правовыми актами (ТНПА) Республики Беларусь. При создании полигона особое внимание уделяется проектированию дождевой и хозяйственно-бытовой канализации, а также дренажу (рис.9).

Для полигонов обычно выбирают место в глинистом грунте, в котором можно складировать отходы в течение 20-25 лет и более. Основание выбранной площадки делают в виде большого корыта глубиной 1,5 м и более для скапливания в нем фильтрата. Если глинистого грунта нет, дно полигона выстилают слоем привозной глины толщиной 0,5 м. В течение суток вывозят отходы на одну площадку полигона и уплотняют бульдозерами послойно до 2-метровой высоты. На следующий день отходы вывозят на другую площадку, а предыдущую укрывают изолирующим слоем грунта толщиной 0,25 м. В целях снижения площади полигон загружают послойно до высоты 60 м и более. После заполнения полигона его поверхность покрывают растительным грунтом.

Сжигание или термическая обработка – наиболее надежный способ обезвреживания и утилизации твердых отходов. Сжигание осуществляют в высокотемпературных термических реакторах – печах, обеспечивающих: хорошее перемешивание для развития поверхности контакта фаз и для ускорения внешней и внутренней диффузии кислорода с целью максимального окисления органической части отходов; высокую температуру, достаточную для полного обезвреживания токсичной части отходов.

Чаще всего применяют барабанные, камерные и циклонные печи, а также используют сжигание во взвешенном (кипящем) слое. Горение твердой массы во всех типах печей начинается при 600°C. Температуру в зоне горения поддерживают в пределах 1100-1500°C. Наиболее полно и интенсивно происходит сжигание в циклонных печах и печах взвешенного слоя благодаря энергичному перемешиванию твердого материала с воздухом. Перспективна термическая обработка твердых отходов методом пиролиза, продукты которого (полукокс) могут служить энергетическим топливом, а также сырьем для органического синтеза. Нагрев до 300-900°C обеспечивают с помощью электрической дуги или токов высокой частоты в вертикальных цилиндрических (ретортных) печах. Для предупреждения образования сажи и токсичных продуктов в зону реакции вводят водяной пар. Состав газов зависит от состава

перерабатываемых отходов и содержания кислорода в зоне пиролиза. Твердый остаток пиролиза, который содержит высокий процент углерода, может быть утилизирован как наполнитель для пластических масс и резин или использован как сорбент.

Захоронение твердых промышленных отходов в поверхностных хранилищах – наиболее распространенный на сегодняшний день способ обезвреживания. Такой способ приводит к отчуждению больших участков земли и к загрязнению поверхностных и грунтовых вод. Основной тип поверхностных хранилищ – шламонакопители, которые строят по каскадному принципу. Шламонакопители включают в себя чашу, берега, плотину и дренажную систему, защищающую грунты под сооружением от отфильтрационных деформаций и отводящую из хранилища загрязненные стоки для обезвреживания. Захоронения промышленных токсичных отходов на участках, не имеющих хозяйственного значения, проводят после их стабилизации обработкой связующими или цементирующими веществами – жидким стеклом, цементными растворами, битумами.

При переработке твердых бытовых отходов (ТБО) наибольшее распространение получили следующие методы:

- строительство полигонов для захоронения (аналогично полигонам для ТПО) и частичной переработки;
- сжигание отходов на мусоросжигающих заводах;
- компостирование (с получением ценного азотного удобрения или биотоплива);
- ферментация (получение биогаза из животноводческих стоков и др.);
- предварительная сортировка, утилизация и реутилизация ценных компонентов;
- пиролиз (нагрев без доступа кислорода) ТБО при температуре от 450 до 1700°C.

Обустройство полигонов для захоронения ТБО было рассмотрено ранее. Проблемы, связанные с захоронением ТБО, такие же, как и для полигонов ТПО. Они связаны с вымыванием веществ и загрязнением грунтовых вод, образованием метана и просадкой грунта.

Отличительной особенностью ТБО является наличие в них большого количества органических веществ (остатков пищевых продуктов) и поэтому вторая проблема – накопления метана, больше свойственна именно для полигонов ТБО. Так как у захороненного мусора практически нет доступа к кислороду, его разложение идет анаэробно и на метаногенной стадии образуется большое количество метана. Метановое сбраживание включает четыре взаимосвязанные стадии и осуществляется пятью группами различных бактерий.

Метан – легковоспламеняющийся газ, он может распространяться в земле горизонтально, проникать в подвалы зданий, накапливаться там и взрываться при искрении или зажигании. В США известны случаи разрушения более 20 домов, расположенных на расстоянии до 300 м от свалок. Кроме того, метан способен распространяться вверх, отравляя корни деревьев и губя растительность, а также вызывая эрозию почвы. Указанную проблему можно решить путем устройства на месте свалок «газовых скважин», перехватывающих образующийся метан, который можно использовать как топливо.

С течением времени, по мере разложения отходов, полигон проседает. При этом образуются неглубокие впадины, в них скапливается вода и весь участок впоследствии превращается в болото с ядовитой водой. Для периодического контроля за качеством грунтовых вод по периметру свалки устраивают так называемые мониторинговые колодцы.

Компостами называют органические удобрения, получаемые в результате разложения растительных и животных остатков микроорганизмами. При компостировании в органической массе повышается содержание питательных веществ (азота, фосфора) в усвояемой растениями форме, обезвреживается патогенная микрофлора, уменьшается количество целлюлозы и пектиновых веществ. Разные по составу и способу приготовления компосты применяют под многие культуры и используют вместо остродефицитных органических удобрений (навоз, торф). В специальных компостных установках процесс разложения целенаправленно регулируется: создается температура до 70⁰С, при которой погибают семена и сорных растений и микробы. Этот способ переработки практически не оказывает вредного воздействия на ОС, поскольку очень близок к природным процессам. Однако, при переработке отходов, содержащих ионы тяжелых металлов, последние могут накапливаться в компосте в больших количествах, поэтому следует проводить предварительный анализ на содержание тяжелых металлов и их удаление.

Наиболее совершенным на сегодняшний день является компостирование аэробным окислением во вращающемся наклонном барабане. Для интенсификации процесса окисления, в барабан подается горячий воздух. Отходы находятся в барабане около трех суток. После дополнительной сепарации металла, компост подают на грохочение для отделения некомпостируемых отходов (резины, кожи, дерева, стекла и т.д.) и после измельчения компост может быть использован в сельском хозяйстве.

Основной проблемой при сжигании отходов является образование больших объемов ядовитых веществ – диоксинов, производных хлоруглеводородов, которые характеризуются мутагенным, канцерогенным, эмбрионотоксическим действием. Важно, что биологическое действие диоксинов проявляется уже в исключительно низких дозах. Поэтому в США, Японии и Западной Европе запрещено использование нескольких десятков диоксинсодержащих веществ, а также низкотемпературное сжигание мусора; изменяются технологии производства бумаги, внедряется контроль над содержанием диоксинов в промышленной продукции. Биогаз из ТБО производят способом, который называют «метановым сбраживанием». С целью создания надлежащих условий жизнедеятельности бактерий строят специальные бродильные камеры – биореакторы. В них поддерживается определенный температурный режим, давление, кислотность среды. Необходимо также следить за тем, чтобы в реактор не поступал кислород из атмосферы. Получение биогаза из органических отходов привлекает возможностью получения дешевого топлива, особенно учитывая надвигающийся энергетический кризис. Сегодня в мире эксплуатируется более 8 млн установок для получения биогаза, в том числе промышленных.

5.3 Современные химико-технологические системы комплексной переработки твёрдых промышленных и бытовых отходов (ТПБО)

Проблема отходов может решаться на месте их образования путем внедрения ресурсозобновляющих технологий (РВТ), обеспечивающих минимизацию промвыбросов и выхода отходов за счет их геохимической, физико-химической и биотехнологической обработки.

Практически все виды ТПО являются ценным сырьем и могут быть повторно использованы в различных целях. Даже на нынешнем уровне развития техники можно использовать более 60% образующихся отходов.

В развитых странах при обращении с ТПБО воплощается принцип устойчивого развития и включает следующие операции:

- редукция;
- вторичное использование;
- переработка;
- извлечение энергии;
- захоронение остатков.

Полнота осуществления этой схемы в различных странах определяется конкретными экологическими, сырьевыми, демографическими и другими условиями. На сегодняшний день разработаны химико-технологические системы (ХТС) удаления отходов. Структура такой ХТС является прямым отражением экономической и экологической политики государства и, следовательно, уровня его развития.

Реальная схема переработки ТПБО в развивающихся странах включает два основных блока – источник ТПБО и свалку, и представляет собой примитивную цепочку их удаления (рис.10).

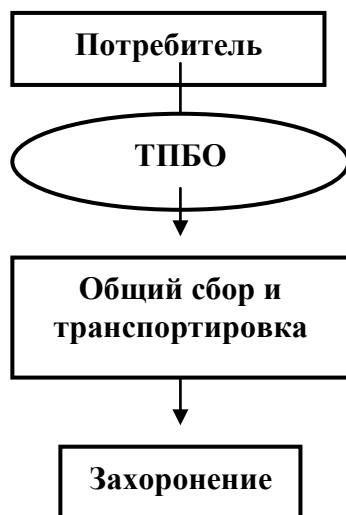


Рис. 10 Реальная ХТС переработки ТПБО в развивающихся странах

В большинстве экологически развитых стран ХТС удаления ТПБО включает спектр методов и производств, позволяющих осуществлять индивидуальную переработку и обезвреживание различных компонентов. Вместе с тем, все современные ХТС включают полигоны захоронения ТПБО, куда поступают непрореагировавшие остатки от переработки отходов, правда, уже в значительно меньших количествах (рис.11).

5.4 Методы предварительной сортировки ТПБО

Твердые бытовые отходы (ТБО) 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 – способ весьма экономичный, так как труд добровольный. В определенном месте устанавливаются мусорные контейнеры, например, различного цвета, каждый из которых предназначен для определенного вида отходов – пластмассы, металла, стекла, бумаги, пищевых и растительных отходов и т.д. Эти контейнеры опорожняются не смешиваясь в особые грузовики – мусоровозы и отправляются на переработку. Однако уповать только на сознательность жителей в решении этого вопроса утопично. Представляется более рациональным закрепить обязанности по сортировке мусора в законном порядке, с применением штрафных санкций за несоблюдение установленных правил. Такие методы законодательного закрепления за гражданами обязанностей по сортировке бытового мусора уже широко практикуются в Западной Европе, в частности в Германии, и приносят свои положительные результаты.



Рис. 11 Реальная ХТС переработки ТПБО в экономически развитых странах

По другому варианту отходы сортируют на специальных установках с применением различных механических методов и ручных операций. Например, для отделения отходов металлов из общей массы отходов используются магнитные поля постоянной и переменной частоты; для отделения более крупных фракций используются сита с различными размерами ячеек; для разделения фракций близких по размеру

используются системы грохочения. В любом случае, проблема отходов должна решаться на месте их образования путем внедрения ресурсозобновляющих технологий (РВТ), обеспечивающих минимизацию промвыбросов и выхода вторичных отходов.

Промышленные отходы должны утилизироваться самими предприятиями, поскольку характер отходов, их состав и структура зависят от типа предприятия и характера производства. Проще, например, утилизировать только отходы производства пластмасс, чем отделять их от отходов легкой или деревообрабатывающей промышленности. Тем не менее, на сегодняшний момент, подавляющее большинство предприятий, функционирующих в Беларуси и России, удаляют свои отходы в специальные места захоронения (иногда отвалы) без сортировки или вывозят их на общие свалки, куда поступают бытовые отходы из городов и поселков. Таким образом, не приходится говорить о селективном использовании промышленных отходов. Проблемы сортировки и утилизации всех видов отходов – это в первую очередь проблема организации управления деятельностью предприятий и обеспечение нормативно-правовой базы экологичности их функционирования.

5.5 Использование твердых отходов в качестве вторичных энергетических ресурсов (ВЭР) и вторичных материальных ресурсов (ВМР)

Количество накопленных и ежегодно образующихся промышленных отходов исчисляется миллиардами тонн. Поэтому проблема их использования и переработки является чрезвычайно важной.

Крупнотоннажные промышленные отходы используются в настоящее время для рекультивации нарушенных земель, планировки территорий, отсыпки дорог, дамб, в производстве строительных материалов, в сельском хозяйстве, а также в качестве технологического и бытового топлива.

Кроме того, почти для всех видов отходов в различных областях промышленности разрабатываются новые технологии переработки в целях получения того или иного вида продукции.

Термические методы уничтожения твердых ВМР (например в печи Ванюкова) позволяют использовать энергетический (топливный) потенциал отходов, а в случае комплексной переработки извлекать дополнительно различные вещества, применяемые в основной или смежных областях промышленности. ТБПО рассматриваются как топливо с теплотворной способностью 1500-1800 ккал/кг при влажности 51,7%. Экологическая безопасность достигается за счет отсутствия на выходе из печи высокотоксичных соединений и применения системы очистки газов. В результате плавки образуется шлак, состоящий из силикатов и оксидов металлов, который после водной грануляции поступает на предприятия стройиндустрии или на строительство автодорог.

Ежегодно в мире образуется большое количество отходов угледобывающей промышленности и добычи руд. Использование этих отходов – только около 10% от их объема. Однако их использование очень выгодно: эксплуатационные затраты на получение 1 м³ щебня из отходов в 2-2,5 раза ниже, чем на добычу его из карьеров.

Многие виды промышленных отходов близки по своим свойствам и химическому составу к природному сырью, используемому в производстве строительных материалов. Примером может служить использование отходов энергетики – золы и шлаков ТЭЦ,

которые содержат 53% SiO₂, 24% Al₂O₃, 10% Fe₂O₃ и FeO, 2% CaO, 1% MgO, 4% оксидов щелочных металлов и 6% несгоревшего топлива. Зола можно использовать в качестве добавки к цементу, газобетону, керамзитобетону, силикатному кирпичу, а также при производстве глиняного кирпича. Кусковой шлак используют в качестве наполнителя бетона.

Отходы угледобывающей, лесной и деревообрабатывающей промышленности, а также сельского хозяйства применяются в качестве топлива в промышленности и быту.

Некоторые крупнотоннажные отходы (фосфогипс, пиритные огарки, отходы производства калийных удобрений) используются в сельском хозяйстве для мелиорации солонцовых почв, а также как удобрение, содержащее многие ценные элементы (Ca, S, P, Fe, Cu, Mg, K, органические вещества, различные микроэлементы).

6. ОРГАНИЗАЦИЯ МАЛООТХОДНЫХ И БЕЗОТХОДНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Основным направлением рационального использования природных ресурсов и защиты окружающей среды от загрязнения является создание мало- и безотходных технологических процессов.

По определению ЕЭК ООН, **безотходная технология** – это такой способ производства продукции, при котором наиболее рационально и комплексно используются сырье и энергия в цикле *сырьевые ресурсы – производство – потребление – вторичные сырьевые ресурсы* таким образом, что любые воздействия на окружающую среду не нарушают ее нормального функционирования.

В соответствии с этим определением безотходное производство является практически замкнутой системой, организованной по аналогии с природными экологическими системами. В природных системах отходы жизнедеятельности одних организмов используются другими организмами, и в целом осуществляется саморегулирующийся биогеохимический круговорот вещества и энергии.

В определении подчеркивается обязательность рационального использования всех компонентов сырья и энергетических ресурсов на всех стадиях переработки сырьевых ресурсов и потребления готовой продукции. Кроме того, безотходное производство должно исключить негативное воздействие на окружающую среду и не должно нарушать ее нормального функционирования. В основе организации безотходного производства лежит ряд принципов. Ключевым является **принцип системности**, в соответствии с которым *каждый отдельный процесс или производство рассматривается как элемент более сложной производственной системы*, т. е. всего промышленного производства в регионе (территориально-производственного комплекса) или как элемент эколого-экономической системы.

Вторым важнейшим принципом безотходного производства является **комплексность использования** сырьевых и энергетических ресурсов. Практически все используемое в настоящее время сырье является многокомпонентным, и в среднем более трети его стоимости составляют сопутствующие элементы, которые могут быть извлечены из сырья только при условии его комплексной переработки. Так, уже все серебро, висмут, платину и платиноиды, а также более 20 % золота и около 30 % серы

получают попутно при комплексной переработке руд. Комплексное использование сырьевых и энергоресурсов не только имеет большое экологическое значение, но и повышает экономическую эффективность производства.

Общим принципом создания безотходных производств является *цикличность материальных потоков*, важнейшие из которых – водный и газовоздушный.

Для безотходного производства характерным является многократное использование воды и газовых потоков в основных технологических процессах, причем водоснабжение, водоотведение и очистка сточных вод рассматриваются как единая система водного хозяйства предприятия или региона. Однако в безотходной технологии основной упор делается на локальную очистку жидких и газовоздушных потоков. В перспективе все более широко будут использоваться в промышленности биологически доочищенные и обеззараженные сточные воды предприятий и городов. Очистка сточных вод и газовоздушных потоков должна обеспечивать одновременное *извлечение и утилизацию ценных компонентов*; эти процессы не считаются вспомогательными, а являются основными для производства готовой продукции. Наиболее полно условие цикличности реализуется в ТПК, где создаются благоприятные условия для кооперирования различных производств с целью комплексного использования сырьевых и энергоресурсов, где отходы одних производств используются в качестве сырья для других.

Одним из важнейших принципов организации безотходного производства является его **экологичность**, т. е. *соблюдение предельно допустимых экологических нагрузок на окружающую среду*. Этот принцип связан с сохранением и воспроизводством таких природных и социальных ресурсов, как атмосферный воздух, пресная вода, земная поверхность (ландшафт), растительный и животный мир и т. д.

Безотходное производство характеризуется также рациональностью его организации, т. е. использованием всего взаимосвязанного природно-ресурсного комплекса в регионе. При этом увеличение объема производства, номенклатуры выпускаемой продукции не приводит к ущербу, в том числе и косвенному, с учетом смежных отраслей производства. Производство в данном случае одновременно оптимизируется по энерготехнологическим, экономическим, экологическим и социальным параметрам.

Создание безотходных производств является длительным процессом, требующим решения ряда сложнейших взаимосвязанных технологических, экономических, организационных, психологических и других задач. Поэтому в настоящее время для практического использования вводится понятие **малоотходного производства**. Под **малоотходным** понимается такой способ производства продукции, при котором вредное воздействие на окружающую среду не превышает уровня, допустимого санитарно-гигиеническими нормами, а часть сырья и материалов по технологическим, организационным, экономическим или другим причинам переходит в неиспользуемые отходы и направляется на длительное хранение или захоронение. В основу критериев, ограничивающих вредное воздействие малоотходного производства на окружающую среду, положены существующие санитарно-гигиенические нормативы – предельно допустимые концентрации, на базе которых устанавливаются научно-

технические нормативы предельно допустимых выбросов вредных веществ в атмосферу (ПДВ) и сбросов загрязняющих веществ в водоемы (ПДС).

В основу малоотходного производства заложены те же принципы, что и в основу безотходного производства. Но если создание безотходного производства на любом уровне возможно только при условии одновременного соблюдения всех перечисленных принципов, то для малоотходного производства приоритетной является задача ограничения воздействия на окружающую среду.

Важнейшим условием существования малоотходного производства является необходимость обезвреживания неиспользуемых отходов и в первую очередь токсичных.

Количественным критерием малоотходного производства является коэффициент безотходности, который характеризует полноту использования в производстве материальных и энергетических ресурсов, а также интенсивность воздействия этого производства на окружающую среду:

В первом приближении для практических целей значение **коэффициента безотходности**, равное **75 – 80 %**, можно принять в качестве количественного критерия для **малоотходного**, а **90 – 98 % – для безотходного производства**.

При *организации безотходного производства* необходимо выполнить следующие *требования*:

1. к технологическим процессам:
 - разработка принципиально новых технологических процессов, при внедрении которых существенно снижается или практически исключается образование отходов и отрицательное воздействие на окружающую среду;
 - комплексное использование всех компонентов сырья и максимально возможное применение потенциала энергоресурсов; использование непрерывных процессов;
 - интенсификация и автоматизация производства;
 - создание энерготехнологических процессов.
2. к аппаратному оформлению:
 - разработка принципиально новых аппаратов;
 - оптимизация размеров и производительности аппаратов;
 - герметизация; использование новых конструкционных материалов.
3. к сырьевым и энергоресурсам:
 - обоснованность качества сырья;
 - предварительная стандартизация сырья и топлива;
 - возможность замены сырья и энергоресурсов на нетрадиционные, местные, попутно добываемые виды или отходы.
4. к использованию вторичных ресурсов:
 - возможность максимальной замены первичных сырьевых и энергоресурсов на вторичные или отходы других производств.
5. к готовой продукции:
 - возможность возвращения продукции в производственный цикл после ее физического и морального износа.
6. к обезвреживанию и ликвидации не утилизируемых отходов:

- обоснование конкретных способов обезвреживания и ликвидации, включая конструкции установок и сооружений;

- оценка возможного воздействия на окружающую среду в зависимости от способа обезвреживания и ликвидации.

7. к организации производства:

- цикличность потоков вещества;

-обоснованность района и площадки строительства с учетом фонового загрязнения окружающей среды, перспектив развития данного и других производств в регионе;

- разработка нормативов, ограничивающих воздействие на природную среду (ПДВ, ПДС, ПДЭН) – предельно допустимая экологическая нагрузка);

- учет неорганизованных, залповых и других кратковременных выбросов;

- разработка мероприятий на случай неблагоприятных метеорологических условий;

- совершенствование экологической службы.

8. к комбинированию и кооперации предприятий:

- возможность комбинирования производств на основе комплексного использования сырья и энергоресурсов;

- возможность межотраслевой кооперации производств на основе переработки и утилизации отходов и вторичных ресурсов.

9. к экономике производства:

- расчет эффективности производства с учетом стоимости дополнительно производимой продукции, стоимости сэкономленных природных ресурсов и предотвращение хозяйственного экономического ущерба.

При организации мало- и безотходного производства в большей или меньшей степени следует обязательно учитывать все перечисленные требования.

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. В таких процессах наиболее полно реализуются принципы так называемой безотходной технологии. Многочисленные экологические исследования, выполненные в разных странах, показали, что строительством очистных сооружений невозможно полностью решить задачу по предотвращению загрязнения объектов гео- и биосферы. 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.*

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМЫХ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

1. Определение класса токсичности промышленных отходов
2. Термодинамическая оценка загрязнения ОС и эффективности применения методов очистки (сравнение трех конкурирующих методов очистки стоков).
3. Расчет предельно-допустимых выбросов (ПДВ) и анализ полученных результатов.
4. Оценка техногенного загрязнения ОС с помощью количественных безразмерных критериев.
5. Проведение стехиометрических расчетов по уравнениям химических реакций (по заданию преподавателя).

ТЕМЫ, РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ РЕФЕРАТОВ (проведение диспутов и «круглых столов»)

1. Концепция перехода Республики Беларусь на модель устойчивого развития.
2. Специальная сессия Генеральной Ассамблеи ООН по окружающей среде и развитию, Нью-Йорк, 1997 г.
3. Информационное обеспечение управления природопользованием и охраной ОС.
4. Критерии социального и экономического развития общества, обеспечивающие устойчивое развитие.
5. Критерии оценки изменения среды обитания и состояния здоровья населения.
6. Экстремальные и аварийные ситуации в промышленности.
7. Городское зеленое строительство, как биологический способ борьбы с промышленными загрязнениями.
8. Автотранспорт – основной источник загрязнений ОС газообразными выбросами.

9. Твердые бытовые отходы: проблемы сортировки и утилизации.
10. Проблемы охраны ОС в процессе сельскохозяйственного использования техники и минеральных удобрений в Республике Беларусь.
11. Нарушение биологического равновесия в результате применения удобрений и ядохимикатов.
12. Переработка и утилизация отходов целлюлозно-бумажной промышленности в Республике Беларусь.
13. Переработка и утилизация отходов переработки силвинита на примере ОАО «Беларуськалий».
14. Утилизация отходов химической промышленности.
15. Переработка и утилизация отходов пластмасс, легкой и текстильной промышленности.
16. Обеспечение экологической безопасности в химической промышленности.
17. Гигиеническое нормирование воздействия факторов ОС на здоровье населения. Понятие локальной экологической катастрофы.
18. Нарушение биологического равновесия в результате применения удобрений и ядохимикатов.
19. Система особо охраняемых природных территорий – приоритетное направление экологической политики Республики Беларусь.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дайте понятия терминам «техногенное воздействие», «биосфера», «техносфера» и «экологически чистая технология».
2. Охарактеризуйте экологизацию производства и экологизацию производственных процессов.
3. Сформулируйте и охарактеризуйте пути и направления ресурсосбережения.
4. Охарактеризуйте классификацию промышленных отходов. Какие показатели отходов учитываются при классификации?
5. Опишите виды газообразных загрязнений окружающей среды.
6. Охарактеризуйте санитарно-защитные зоны и их размеры. Велика ли эффективность озеленения территорий?
7. Охарактеризуйте (в общем) технологические процессы, применяемые для очистки газовоздушных, аэрозольных и парообразных выбросов.
8. Охарактеризуйте (в общем) технологическое оборудование, используемое для очистки газовоздушных, аэрозольных и парообразных выбросов.
9. Охарактеризуйте метод «сухой» очистки газов (сущность метода и аппаратное оформление).
10. Охарактеризуйте метод «мокрой» очистки газов (сущность метода и аппаратное оформление).
11. Охарактеризуйте метод очистки газов от газообразных примесей (сущность метода и аппаратное оформление).

12. Охарактеризуйте каталитические реакторы для дожига отходящих газов (принцип действия).
13. Назовите источники образования твёрдых отходов и дайте современную классификацию твёрдым отходам.
14. Опишите методы переработки твёрдых промышленных и бытовых отходов.
15. Охарактеризуйте химико-технологические системы комплексной переработки твёрдых отходов.
16. Изложите основные методы предварительной сортировки твёрдых отходов.
17. Каким образом используют твёрдые отходы в качестве вторичных ресурсов?
18. Изложите принципы организации безотходных и малоотходных производств, в том числе принцип системности и комплексность использования сырья.
19. Дайте определение понятию «безотходная технология».
20. Что такое «концепция безотходного производства»?
21. Назовите основные принципы, необходимые для разработки и внедрения безотходных технологий.
22. Охарактеризуйте числовые значения коэффициента безотходности. Что характеризует этот коэффициент?
23. Перечислите основные требования, выполнение которых необходимо при организации безотходного производства.
24. Назовите требования к технологическим процессам при организации безотходного производства.
25. Назовите требования к аппаратурному оформлению при организации безотходного производства.
26. Назовите требования к сырьевым и энергоресурсам при организации безотходного производства.
27. Назовите требования к использованию вторичных ресурсов при организации безотходного производства.
28. Назовите требования к обезвреживанию и ликвидации не утилизируемых отходов при организации безотходного производства.
29. Назовите требования к готовой продукции при организации безотходного производства.
30. Назовите требования к комбинированию и кооперации предприятий при организации безотходного производства.
31. Назовите требования к организации производства при создании безотходных технологических процессов.
32. Назовите требования к экономике производства при организации безотходных технологических процессов.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Калыгин, В.Г. Промышленная экология. Курс лекций / Калыгин В.Г. – М.: Изд-во МНЭПУ, 2000. – 239 с.
2. Кафаров, В.В. Принципы создания безотходных химических производств / Кафаров В.В. – М.: Химия, 1984. – 225 с.
3. Блинов, Л.Н. Основы экологической химии. Часть 1: Учебное пособие / Блинов Л.Н., Оркина Т.Н., Танцура Н.П. – СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2003. – 76 с.
4. Коробкин, В.И. Экология в вопросах и ответах / Коробкин В.И., Передельский Л.В. - Ростов на Дону.: изд-во «Феникс», 2002. – 383 с.
5. Алексеев, С.В. Практикум по экологии. Учебное пособие / Алексеев С.В., Груздева Н.В., Муравьев А.Г., Грушина Э.В. – М.: АО МДС, 1996. – 354 с.
6. Ксензенко, В.И. Общая химическая технология и основы промышленной экологии. Учебник для вузов / Ксензенко В.И., Кувшинников И.М., Скоробогатов В.С. и др. – под ред. В.И. Ксензенко. – М.: Химия, 2001. – 328 с.
7. Голицин, А.Н. Основы промышленной экологии. Учебник / Голицин А.Н. – М.: Изд-во ИРПО, 2002. – 240 с.
8. Зволинский, В.П. Экологически безопасные технологии. Учебное пособие / Зволинский В.П., Харламова М.Д., Кривошеин Д.А. – М.: Изд-во РУДН, 2004. - 172 с.
9. Фридланд, С.В. Защита окружающей среды / Фридланд С.В., Стрельцова Н.Р., Шаяхметов Д.К., Нургатин В.В. – Казань.: Изд. КГТУ, 2000. – 148 с.
10. Фридланд, С.В. Промышленная экология. Принципы создания малоотходных производств / Фридланд С.В., Кашеварова Л.Б. – Казань.: Изд. КГТУ, 2004. – 90 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	3
Введение	3
1. Экологизация производства и ресурсосбережение	3
2. Классификация промышленных отходов	5
3. Загрязнение окружающей среды газообразными и аэрозольными выбросами промышленных предприятий	6
3.1 Виды промышленных газообразных выбросов	6
3.2 Санитарно-защитные зоны	9
4. Процессы и аппараты, используемые для очистки газовоздушных, аэрозольных и парообразных выбросов	9
4.1 Методы сухой очистки газовых выбросов от аэрозолей	10
4.2 Методы «мокрой» очистки газовых выбросов от аэрозолей	12
4.3 Очистка газовых выбросов от газообразных примесей	12
4.4 Каталитические реакторы для дожига отходящих газов	15
5. Твёрдые отходы и их утилизация	16
5.1 Источники образования и классификация твёрдых отходов	16
5.2 Методы переработки твердых промышленных и бытовых отходов	17
5.3 Современные химико-технологические системы комплексной переработки ТПБО	21
5.4 Методы предварительной сортировки ТПБО	22
5.5 Использование твердых отходов в качестве вторичных энергетических ресурсов (ВЭР) и вторичных материальных ресурсов (ВМР)	24
6. Организация малоотходных и безотходных производств.	25
ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	29
Перечень рекомендуемых практических занятий	29
Темы, рекомендуемые для подготовки рефератов	29
Контрольные вопросы	30
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА	32

УЧЕБНОЕ ИЗДАНИЕ

Составители:
ТУР Элина Аркадьевна
ГОЛОВАЧ Анна Петровна

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
«ЭКОЛОГИЗАЦИЯ ОТДЕЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ»
к лекционным и практическим занятиям по курсу
«Технология основных производств и промышленная экология»
для слушателей
Института повышения квалификации и переподготовки кадров
специальности переподготовки 1-57 01 71

Ответственный за выпуск: Тур Э.А.
Редактор: Боровикова Е. В.
Корректор:

Подписано к печати _____ 2012 г. Формат 60x84 1/16
Гарнитура Arial Narrow. Бумага «Снегурочка»
Усл.п.л. _____. Уч.изд.л. _____ Тираж _____ экз.
Заказ № _____

Отпечатано на ризографе Учреждения образования
«Брестский государственный технический университет»
224017, Брест, ул.Московская, 267