|  |  |
| --- | --- |
| **Технический кодекс установившейся практики** | **ТКП 17.02-ХХ-20ХХ (33140)** |

**Охрана окружающей среды и природопользование**

**Наилучшие доступные технические методы для обращения с отходами**

**Ахова навакольнага асяроддзя i прыродакарыстанне**

**Найлепшыя даступныя тэхнiчныя метады ДЛЯ абыходжання з адходамі**

**Рабочий проект**

****

|  |  |
| --- | --- |
|  | **Минприроды**  **Минск** |

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**УДК 502, 174, 1:628.39 МКС 13.020 КП 06**

**Ключевые слова**: наилучшие доступные технические методы, НДТМ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**Предисловие**

Цели, основные принципы, положения по государственному регулированию и управлению в области технического нормирования и стандартизации установлены Законом Республики Беларусь «О техническом нормировании и стандартизации».

1 РАЗРАБОТАН Государственным предприятием «Экологияинвест»

ВНЕСЕН Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь

2 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_г. № \_\_\_

3 ВЗАМЕН П-ООС 17.02-01-2012 (02120)

Настоящий технический кодекс не может быть воспроизведен, тиражирован и распространён в качестве официального издания без разрешения Минприроды Республики Беларусь.

Издан на русском языке

**Содержание**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 | Область применения | | 1 |
| 2 | Нормативные ссылки | | 1 |
| 3 | Термины и определения | | 1 |
| 4  5  6  7  8  9  10  11  12  13 | Общие методы в области обращения с отходами  Применяемые процессы и технологии для сбора отходов и их разделения по видам  Механическая подготовка отходов  Биологическая подготовка отходов  Физико-химическая подготовка отходов  Общие наилучшие доступные технические методы для обращения с отходами Наилучшие доступные технические методы для сбора отходов и их разделения по видам  Наилучшие доступные техническаие методы для подготовки отходов  Наилучие доступные технические методы для хранения отходов  Наилучшие доступные технические методы для перевозки отходов | | 1  2  6  17  29  54  54  55  58  58 |
| Приложение А  Приложение Б | | (справочное) Краткое описание общих наилучших доступных технических методов для обращения с отходами  (справочное) Краткое описание наилучших доступных технических методов для подготовки отходов | 59  60 |
| Приложение В | | (справочное) Краткое описание наилучших доступных технических методов подготовки отходов электрического и электронного оборудования | 61 |
| Приложение Г | | (справочное) Краткое описание наилучших доступных технических методов для биологической подготовки отходов | 63 |
| Приложение Д | | (справочное) Наилучшие доступные технические методы для физико-химической подготовки отходов | 64 |
| Библиография | | | 65 |

**ТЕХНИЧЕСКИЙ КОДЕКС УСТАНОВИВШЕЙСЯ ПРАКТИКИ**

**Охрана окружающей среды и природопользование.**

**НАИЛУЧШИЕ ДОСТУПНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ для обращения с отходами**

**Ахова навакольнага асяроддзя и прыродакарыстанне.**

**НАЙЛЕПШЫЯ ДАСТУПНЫЯ ТЭХНIЧНЫЯ МЕТАДЫ ДЛЯ АБЫХОДЖАННЯ З АДХОДАМІ**

Environmental protection and nature use.

Best available techniques for the waste treatment

**Дата введения 2021-хх-хх**

**1 Область применения**

Настоящий технический кодекс установившейся практики (далее – технический кодекс) устанавливает наилучшие доступные технические методы для обращения с отходами.

**2 Нормативные ссылки**

В настоящем техническом кодексе использованы ссылки на следующие технические нормативные правовые акты в области технического нормирования и стандартизации (далее - ТНПА):

Справочный документ по наилучшим доступным техническим методам (НДТМ) сжигания отходов;

ТКП 17.11-02-2009 (02120/02030) Охрана окружающей среды и природопользование. Отходы. Обращение с коммунальными отходами. Объекты захоронения твердых коммунальных отходов. Правила проектирования и эксплуатации.

ТКП 17.11-03-2009 (02120/02030) Охрана окружающей среды и природопользование. Отходы. Обращение с коммунальными отходами. Правила эксплуатации объектов обезвреживания коммунальных отходов.

Примечание – При пользовании настоящим техническим кодексом целесообразно проверить действие ТНПА по каталогу, составленному по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим информационным указателям, опубликованным в текущем году.

Если ссылочные ТНПА заменены (изменены), то при пользовании настоящим техническим кодексом следует руководствоваться замененными (измененными) ТНПА. Если ссылочные ТНПА отменены без замены, то положение, в котором дана ссылка на них, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

**3 Термины и определения**

В настоящем техническом кодексе применяют термины, установленные в [1], а также следующий термин с соответствующим определением:

**3.1 дефлаграция:** Горение, которое распространяется по газовой смеси или поверхности взрывчатого вещества с дозвуковой скоростью и обуславливается теплопередачей.

|  |
| --- |
| Примечание - Обусловлено случайным попаданием в процесс механической подготовки отходов запрещенных легковоспламеняющихся или взрывоопасных материалов.  **3.2 обращение с отходами:** Деятельность, связанная с образованием отходов, их сбором, разделением по видам отходов, подготовкой, удалением, хранением, захоронением, перевозкой, обезвреживанием и (или) использованием отходов [2]. |

**4 Общие методы в области обращения с отходами**

Обращение с отходами является неотъемлемой частью перехода к «циркулярной экономике»[[1]](#footnote-1) и основано на «иерархии отходов», которая устанавливает следующий приоритетный порядок (см. рисунок 1): предотвращение образования, подготовка к повторному использованию, использование, и, как наименее предпочтительный вариант, обезвреживание и захоронение (которое включает захоронение и сжигание без рекуперации энергии).

Подготовка к повторному использованию

Обезвреживание

Захоронение

Использование

Отходы

Предотвращение

Продукты (не отходы)

**Рисунок 1 – Иерархия обращения с отходами**

Существует также ряд важных вспомогательных мероприятий, связанных с обращением с отходами, например, такие как прием и хранение отходов, ожидающих подготовки.

Отходы сильно различаются по своему составу, а разновидность компонентов, которые могут в них присутствовать, обширна. Из-за такого разнообразия в компонентах и составе отходов не существуют выбросы, которые были бы характерны для всех объектов по обращению с отходами, поскольку каждый объект отличается комбинацией процессов, и принимает отходы в зависимости от требуемых условий.

В настоящем техническом кодексе приведены этапы технологических процессов, которые часто применяются в области обращения с отходами, поскольку они важны для эффективности самого процесса подготовки отходов и оказывают воздействие на окружающую среду.

**5 Применяемые процессы и технологии для сбора отходов и их разделения по видам**

На большинстве предприятий по подготовке отходов используется следующая последовательность операций:

1) предварительная приемка

2) приемка

3) хранение

4) подготовка

Каждый этап требует надлежащего контроля за потоками отходов, а также за системой управления приемкой и подготовкой. Сведения о составе поступающих отходов перед их приемкой и подготовкой являются ключевым фактором для управления объектом по подготовке отходов.

**5.1 Предварительная приемка отходов**

До заключения договора с объектом по обращению с отходами производитель должен предоставить сведения о производимых им отходах. Этап предварительной приемки включает также проведение анализа с целью определения состава отходов.

Процедура предварительной приемки позволяет операторам идентифицировать, а затем забраковать неподходящие отходы, которые могут привести к неблагоприятным реакциям или неконтролируемым выбросам во время подготовки.

*Предварительная приемка для подготовки отработанного масла*

Данный этап является не обязательным для установки по подготовке отработанного масла, но обязателен, например, на нефтеперерабатывающем заводе. Как правило, отходы поступают со станций технического обслуживания, и их состав не изменяется. Информация об отработанном масле собирается от мелких источников и от крупных химических производств, в результате деятельности которых возникают другие химические вещества и потенциальные загрязнители. Отработанное масло может быть загрязнено растворителями, и оператору необходимо выявить загрязнение, даже если оно не повлияет на качество поступающего в продажу подготовленного масла. Растворители с низкой температурой возгорания вызывают трудности при подготовке, поскольку установки не предназначены для работы с легковоспламеняющимися веществами. Часто происходит загрязнение бензином, что значительно снижает температуру возгорания материала и, таким образом, увеличивает риск несчастных случаев. Необходимо соблюдать осторожность при выборе наиболее подходящей точки воспламенения. Растворители также выделяются в процессе нагрева, что увеличивает выбросы летучих органических соединений (далее – ЛОС). Содержащиеся в масле полихлорированные бифенилы (далее – ПХБ) попадают либо в отходы, что приводит к образованию диоксинов при последующем сжигании, либо в нефтешлам в нижней части резервуара, либо в сточные воды.

*Предварительная приемка лабораторных отходов*

Для всех видов упаковок, содержащих лабораторные реактивы, создается список содержимого, который хранится в упаковке (либо под крышкой) или прикрепляется к ней. Каждая упаковка маркируется с учетом опасности при перевозке (например, правила перевозки опасных грузов). Уровень контроля или управления такой ситуацией зависит от ряда факторов. Для операторов, которые принимают отходы, упакованные их клиентами, обычно предоставляется руководство (инструкция) по разделению, упаковке и маркировке лабораторных реактивов.

*Программа предварительного исследования для установок физико-химической подготовки*

Предприятия должны провести предварительное исследование по выявлению типов отходов, которые не включены в программу отбора проб и проведения измерений выбросов, но принимаются на предприятие. Основными видами отходов для рассмотрения являются следующие:

- отходы, содержащие растворители, которые затем могут выделяться в процессе нагрева;

- отходы с высоким содержанием азота, являющиеся потенциальным источником выбросов аммиака в атмосферный воздух;

- высокосернистые отходы с возможностью возникновения выбросов сероводорода и ЛОС в атмосферный воздух;

- отходы, содержащие фосфор: не все предприятия должны регулярно проводить мониторинг содержания общего фосфора, поэтому легче оценить эти выбросы по показателям выбросов фосфорной кислоты;

- случайные неорганические отходы, например, отходы, содержащие мышьяк. В большинстве случаев будет легче рассчитать ежегодные выбросы на основе данных о случайно поступающих потоках, а не расширять программу мониторинга.

*Установки, осуществляющие биологическую подготовку отходов*

Требуемая первоначальная оценка и периодическая проверка пропорциональны риску, связанному с видом и характером соответствующих отходов. Например, отходы растительности имеют меньший риск, чем смешанные коммунальные отходы, и, следовательно, при предварительной приемке потребуется менее тщательная проверка.

**5.2 Приемка отходов**

Процедура приемки отходов предоставляет подробную информацию о действиях, которые предпринимаются операторами при поступлении отходов на объект. Она также учитывает цели подготовки (что включает характеристику образующегося потока).

Процедура приемки подтверждает достоверность проверки и информации предварительной приемки. Отходы, хранение которых может привести к неблагоприятным реакциям или неконтролируемым выбросам во время подготовки, не принимаются.

*Установки по подготовке отработанного масла*

Как правило, эти установки уделяют больше внимания процедурам окончательной приемки.

*Приемка лабораторных реактивов*

Процедуры приемки лабораторных реактивов идентичны приемке отходов в бочках. Лабораторные реактивы отличаются от стандартных поступающих потоков отходов тем, что являются концентрированными. Когда идентификацию и упаковку отходов осуществляет оператор, проверка на площадке сводится к открытию бочек и их проверке на целостность. В таких случаях к отходам прилагается документация, подтверждающая проверку и упаковку. Когда отходы упаковываются клиентом, оператор должен провести полную проверку, включающую незамедлительное опорожнение бочки, после чего отходы упаковываются повторно. Если при открытии бочки обнаруживается, что она содержит несовместимые вещества, или эти вещества не были упакованы соответствующим образом, то содержимое разделяется и повторно упаковывается.

*Объекты, осуществляющие физико-химическую подготовку*

По прибытии все отходы проверяются путем визуального осмотра и отбора проб. Масштаб и объем анализа определяется на этапе предварительной приемки. Это может быть простой анализ для определения температуры вспышки и pH или экспресс-анализ в лаборатории для определения элементов и содержания металлов, а также предварительный скрининг органических веществ. В ином случае, характеристика отходов может потребовать тщательную проверку или предварительное тестирование процесса подготовки.

*Отработанный катализатор*

Отходы проверяются на наличие случайных примесей и загрязнений, что является экономически эффективным для сохранения продукта чистым и сокращения выбросов.

*Отработанный активированный уголь*

Отработанный активированный уголь, направляемый на регенерацию, идентифицируется как отдельная партия. Проводится его анализ, чтобы подтвердить, что состав веществ, подлежащих десорбции во время подготовки, известен и можно утверждать, что установка имеет достаточную мощность для подготовки с учетом ограничений, указанных в разрешении. Заказчик устанавливает виды загрязняющих веществ, подлежащих восстановлению.

**5.3 Хранение**

Обеспечение безопасного хранения отходов перед их подачей на подготовку в качестве сырья и после подготовки в качестве материала для повторного использования, рекуперации энергии или обезвреживания.

*От небольших упаковок до масштабных хранилищ (перегруппировка)*

Отходы могут разделяться по различным категориям в зависимости от поступающих партий и определенных видов для специальных объектов по захоронению или подготовке отходов. Например, для облегчения обращения и хранения небольшие контейнеры могут быть упакованы в 205-литровые заполненные вермикулитом контейнеры. Большие контейнеры могут быть отсортированы по различным весовым категориям и помещены на платформы до последующей разгрузки.

Некоторые виды отходов могут быть отделены и собраны в более объемные контейнеры.

*Повторное использование контейнеров*

По возможности, поступающие контейнеры используются повторно. Если это невозможно, то их перерабатывают, а до этого предварительно очищают, измельчают или дробят. В крайнем случае, очищенные контейнеры могут быть направлены на захоронение.

*Типы хранилищ и помещений*

Жидкости могут храниться в резервуарах или/и контейнерах (например, в стеклотаре, бочках, больших контейнерах), складах, хранилищах, а также на открытых площадках (например, сточные воды). Твердые отходы могут храниться навалом, в мешках, больших пакетах, в силосных ямах и бункерах. Твердые отходы могут храниться в закрытых помещениях (например, с соответствующей фильтрационной системой и очисткой отходящих газов для снижения запахов и выбросов в атмосферный воздух). Обращение с твердыми отходами происходит с помощью подъемных кранов, мостовых кранов, конвейерных лент или бункеров (например, цилиндрических или параллелепипедных бункеров со шнеком или подвижным полом для перемещения твердых отходов).

На некоторых площадках могут храниться смеси отходов или неочищенные отходы перед перевозкой на следующие этапы подготовки.

Для хранения отходов также используются резервуары. Зачастую они используются в среднемасштабных процессах для гарантии того, что количества отходов достаточно для перехода к следующему процессу; или в крупномасштабных резервуарных парках. Данный процесс имеет тенденцию к ограниченному контролю, схожему с хранением топлива на площадке. Резервуары обычно размещаются на открытых бетонных площадках и с системой защиты от утечек. Тип хранения зависит от необходимости гомогенизации на объекте хранения.

Часто хранение отходов в контейнерах связано с процессами разделения, используемые контейнеры также оснащаются специальными аппаратами для удаления материалов на поверхности и вытяжными аппаратами для удаления осадка. Если процедуры разделения невозможны, отходы могут подвергаться непрерывному перемешиванию для достижения гомогенного состояния.

*Объемы отходов для хранения*

Для обеспечения непрерывного процесса подготовки отходов необходимо установить соответствующие объемы отходов для хранения. Необходимо предусмотреть повторную подготовку получаемых продуктов, в случае если их качество не отвечает установленным требованиям, а также периодичность удаления отходов.

**5.4 Погрузочно-разгрузочные работы**

Погрузочно-разгрузочные работы с материалами требуют правильной упаковки и безопасной погрузки. Небольшое количество материалов упаковывается в легкие в обращении емкости (бутылки или коробки). Большие объемы материалов упаковываются в емкости объемом от 100 до 30 000 л. Перед подготовкой отходов упаковка/контейнеры должны быть опорожнены. Для этой цели необходимы специальные устройства (инструменты для открытия, удерживающие и зажимные механизмы, подъемные и поворотные приспособления). Точно также должны быть опорожнены верхние части транспортных средств.

Внутри контейнеров или в верхних участках кузовов транспортных средств всегда остаются остатки. Осаждение твердых, клейких, затвердевших компонентов в отходах часто препятствует опорожнению. Иногда возникает необходимость, например, во время опорожнения верхних участков кузова транспортных средств, удаления затвердевших компонентов с помощью инструментов или вручную. Большим преимуществом для указанного процесса является слив в ниже расположенные контейнеры (складчатый механизм, ползунки и т.д.).

После опорожнения емкости/контейнеры/кузова должны быть вымыты. Промывка обычно проводится с помощью воды. Эффект можно усилить с помощью давления (до 100 бар), температуры (до 80 ºC) и/или добавлением растворителей и/или поверхностно-активных веществ.

Остатки от процесса опорожнения, так же, как и промывочные остатки, подготавливаются таким же способом, как и отходы, кроме случаев, когда это невозможно из-за их консистенции. Например, шлам от нефтяных или масляных сепараторов может быть частично восстановлен путем простых промывочных процедур, в то время, как водная фаза должна быть подвергнута физико-химической подготовке.

*Опорожнение контейнеров*

Жидкие отходы после приемки направляются на отстаивание (осаждение). Жидкие отходы поступают в контейнерах, автоцистернах или в транспортных средствах вакуумного типа. Отходы, поступающие в контейнерах, перемещаются с конвейерной ленты с помощью управляющего устройства и транспортируются в предварительно выбранный приемный бассейн, где полуавтоматически разгружаются. Крупные твердые отходы изымаются и собираются в контейнеры. Жидкая фаза по уклону перетекает в осадочный бассейн. Осадочные бассейны выбираются с помощью системы управления и контроля.

Отходы, поступающие в резервуарах или транспортных средствах вакуумного типа, транспортируются в зону разгрузки (опорожнения), а резервуары через трубу подсоединяются к сетчатому фильтру. Жидкие отходы сливаются из резервуаров через трубу в сетчатый фильтр, где происходит удаление грубых примесей (например, перчаток и ветоши). Металлические элементы удаляются с помощью магнитного сепаратора. После этого они перемещаются через трубопроводную систему в бассейн, предварительно выбранный системой управления и контроля.

*Автоматическое опорожнение бочек*

В целях предотвращения несчастных случаев для выгрузки отходов из бочек используется станция автоматической разгрузки, например, при обращении с опасными отходами. Автоматическая разгрузка сокращает время пребывания кондиционированных отходов на площадке и оптимизирует процесс очистки контейнеров.

*Прессование*

Вследствие разной характеристики некоторых видов отходов иногда необходимо уплотнять их для облегчения использования в следующем процессе. Прессовое оборудование используется для придания отходам определенной формы.

Прессование также используется для твердых коммунальных отходов (далее – ТКО), применяемых в качестве топлива, и для тюков пластика, бумаги и металлов. Размер и форма тюка обычно оптимизируются для перевозки и повторного использования.

**5.5 Смешивание**

Образовавшиеся отходы должны храниться отдельно от других отходов, поскольку однородные потоки подлежат обращению с ними легче, чем смешанные. Однако при определенных условиях, может потребоваться смешивание различных потоков отходов.

Определенные виды отходов требуют предварительного смешивания перед подготовкой. Состав поступающих потоков отходов может значительно отличаться, что особенно актуально для большинства объектов по обращению с отходами. С помощью смешивания можно контролировать изменения состояния отходов до диапазона, который не нарушит характеристики последующих процессов подготовки.

**5.6 Подготовка лабораторных реактивов**

Лабораторные реактивы в основном представляют собой вещества в емкостях объемом менее 5 л. Они обычно состоят из чистых химических веществ и соединений или образуются при мойке лабораторных емкостей.

Лабораторные реактивы обычно хранят и складируют в бочках в специально спроектированных закрытых помещениях с принудительной вентиляцией и взрывозащитным освещением, или с односторонними крытыми зонами.

Подлежащее подготовке вещество отделяется вручную и переупаковывается, при необходимости измельчается, выдерживается и перемещается в цех для подготовки.

**5.7 Мойка и чистка**

После доставки и разгрузки отходов транспортные средства и резервуары/контейнеры могут очищаться на объекте (например, по договору с транспортной организацией) или за его пределами, кроме случаев, когда резервуары/контейнеры захоранивают, оставшиеся вещества не представляют опасности или резервуары или контейнеры используются повторно для транспортировки подобного вида отходов.

**5.8 Уменьшение размера компонентов отходов**

Уменьшение размера компонентов отходов до определенного размера, чтобы обеспечить возможность их дальнейшей подготовки, в том числе путем извлечения отходов, которые трудно откачивать или отделять.

Используемыми на объектах методами являются измельчение, просеивание, разделение на фракции, выдерживание. Для этого используются шредеры замедленного действия, молоты и специальные дробильные устройства.

**6 Механическая подготовка отходов**

**6.1 Механическая подготовка отходов металлов в шредерах**

В шредерах поступающие потоки отходов уменьшаются до более мелких компонентов путем дробления и истирания.

Основной производимый продукт – качественный стальной лом с высокой плотностью, высокой степенью очистки и преимущественно однородными по размеру частями. Шредер для измельчения стального лома может быть использован непосредственно на металлургическом заводе для производства стали.

Основные этапы процесса измельчения:

1. доставка, получение и приемка;

2. предварительное разделение и предварительная подготовка;

3. измельчение;

4. процессы, следующие после этапа измельчения;

5. технологии очистки на выходе из трубы.

На рисунке 2 показан пример шредера со стандартными поступающими и образующимися потоками отходов (легкие и тяжелые измельченные фракции).



|  |  |
| --- | --- |
| Поступающий поток | Образующийся поток |
| 1 Лом | 4 Легкая фракция |
| 2 Наружный воздух | 5 Черный металл |
| 3 Вода | 6 Цветной металл + тяжелый остаток |
|  | 7 Шлам |
|  | 8 Очищенный воздух |

**Рисунок 2 - Шредер со стандартными поступающими и образующимися потоками отходов**

Для разделения и загрузки материала могут использоваться грейферы, экскаваторы или фронтальные погрузчики. Исходное сырье обычно подается грейферным краном на наземный конвейер, который поднимает материал в загрузочный бункер шредера, затем материал падает под действием силы тяжести в камеру шредера. Внутри камеры находится тяжелый, быстро вращающийся ротор, оборудованный молотками, которые режут материал на наковальнях, а затем направляют нарезанные (измельченные) материалы через калибровочные решетки для дальнейшей подготовки лома до необходимого размера и плотности.

На рисунке 2 первый этап очистки воздуха выполняется с помощью циклона, а второй – с помощью мокрого скруббера. Легкие (4) и тяжелые (6) измельченные фракции затем подвергаются последующей подготовке. Цветные металлы, извлеченные во время процесса измельчения или на установках, расположенных в нисходящем направлении, используются в промышленности для производства цветных металлов.

Смешанные измельченные материалы затем транспортируются в ряд систем разделения, которые делят измельченные материалы на потоки лома черных металлов, смешанного лома цветных металлов и остаточных неметаллических материалов. Эти остаточные неметаллические материалы затем отправляются на другие установки для последующего использования или подготовки, например, для рекуперации энергии на установках по подготовке отходов или для восстановления материалов на установках, применяющих технологию последующего измельчения, включая подготовку пластмасс. Поток черных металлов представляет собой готовый материал для выплавки.

Доставка, получение и приемка

Подача лома, содержащего грязь или неметаллические вещества, скрытые предметы, такие как неочищенные и неопорожненные газовые баллоны, или загрязненные материалы, не допускается.

Зона приемки материала спроектирована соответствующим образом, а квалифицированный персонал осуществляет контроль за приемкой и проверкой материалов на предприятии; для материалов, которые запрещены, ожидают полной проверки, тестирования или удаления, предназначены зоны карантина.

Зона доставки предприятия по измельчению состоит из участка приемки достаточного размера, который представляет собой асфальтированную или непроницаемую поверхность с платформой для взвешивания (весы-платформа) и соответствующим помещением для весов-платформы. Вес всех поступающих и образующихся потоков отходов регистрируется на станции взвешивания.

Визуальный осмотр можно проводить непосредственно на станции взвешивания или во время разгрузки в зоне доставки. Он служит для предварительного разделения отходов по основным группам и выявления элементов, содержащих вредные вещества или примеси.

Отходы, поступающие на измельчение, доставляются в контейнерах, транспортных средствах с подвижным полом и обычных грузовых автомобилях.

После приемочной проверки отходы поступают во временное хранилище в зоне доставки.

Места для хранения, разделения и подачи материала обычно состоят из безопасного открытого пространства, где применяются правила для зон хранения (зона хранения для поступающих отходов с отдельными помещениями для различных поступающих потоков). В зонах с высокими механическими нагрузками (например, в зоне предварительного разделения) поверхность часто укрепляется массивными стальными пластинами. Зона хранения представляет собой непроницаемую для воды асфальтированную поверхность, подключенную к системе отвода, сбора и очистки сточных вод завода, чтобы избежать загрязнения стоков.

Предварительное разделение и предварительная подготовка

Предварительное разделение является важным способом повышения производительности предприятия, гомогенизации поступающих потоков и снижения дополнительных затрат на эксплуатацию установки, а также защищает от дефлаграции или предметов, не поддающихся измельчению. Предварительное разделение может быть выполнено вручную или механически (например, с помощью ковша/магнита).

Поток отходов подвергается предварительной подготовке перед отправкой в шредер. Целью процессов предварительной подготовки является максимизация доступности предприятия, минимизация времени простоя шредера и достижение оптимизированного состава исходного материала с экономической точки зрения в отношении количества и качества образующихся потоков.

За исключением тяжелого лома, такого как чугунные и крупногабаритные детали (рельсы, профильная сталь и балки), которые обычно подвергаются отдельной подготовке, большинство видов лома можно измельчать в шредерах. Даже автомобильный лом, который может составлять значительную долю поступающих потоков, можно подготовить без какого-либо предварительного уменьшения размера.

Предварительное измельчение

Другой мерой предварительной подготовки может быть уменьшение размера поступающего потока перед измельчением. Используемым оборудованием может быть как шредер, так и ножницы. Оборудование предварительного измельчения – это медленно работающее устройство, установленное перед основным измельчителем. Данное оборудование разрезает подаваемый материал для достижения необходимого размера. Предварительное измельчение также может снизить риск дефлаграции, например, при подготовке обломков автомобилей, которые могут содержать следы топлива. Тем не менее, предварительное измельчение может являться источником выбросов.

Измельчение

Материал, проталкиваемый в камеру шредера подающими роликами (см. рисунок 3), разрывается между вращающимися молотками и кромкой первичной наковальни (1). Разорванные куски затем измельчаются на нижней решетке (2) и, после измельчения до необходимого размера, выходят из камеры через нижнюю или верхнюю решетку (3).



**Рисунок 3 – Детали процесса измельчения**

Материал, который не был измельчен достаточно мелко при первом проходе, сбрасывается на заднюю стенку шредера (4), а затем снова разрывается между молотками и вторичной наковальней (5), после чего смешивается с новым поступающим сырьем для второго прохода. Этот процесс разрывания и измельчения продолжается до тех пор, пока материал не пройдет через решетки. Для оптимальной эффективности измельчения важно, чтобы камера шредера была заполнена материалом; это обычно достигается путем смешивания различных потоков сырья.

Чтобы достичь высокой плотности измельченного продукта, некоторые шредеры оснащены механизмом (6) для покрытия верхней решетки и, таким образом, удерживания большего количества материала в камере для второго или последующих проходов.

Неизмельченные материалы выгружаются через дверь с гидравлическим приводом (7).

Впускные трубы (8) улавливают твердые частицы, если камера шредера оснащена аспирационной системой. В шредере для мокрого дробления эта труба будет заглушена.

Шредеры представляют собой:

- шредер смешанного лома (или обычный)

Цель таких установок заключается в следующем: отделить материалы друг от друга; обеспечить достаточную чистоту полученных металлов, чтобы облегчить их переплавление в новые металлические продукты; уплотнить металлы до размера, подходящего для плавильных печей. Шредеры, используемые для уменьшения смешанного лома, являются молотковыми роторными дробилками.

- специальные шредеры

Представляют собой роторные дробилки для подготовки легкого лома и смешанного лома средней тяжести, который слишком тяжел для стандартных шредеров.

- шредеры влажного и полумокрого измельчения материала

В шредерах такого типа впрыск воды с электронным управлением подавляет образование твердых частиц во время измельчения. Вода поступает из питающего резервуара и впрыскивается в роторную камеру в нескольких местах через насосную станцию и устройства тонкого распыления воды. Малый диаметр капель водяного тумана облегчает капсулирование твердых частиц, тем самым направляя их к смешиванию с потоком выходящего материала для дальнейшего отделения. Добавление воды также помогает минимизировать риск дефлаграции и охлаждает ротор и части лома.

- шредер для мокрого процесса измельчения материала

Такие шредеры работают с предварительно увлажненным материалом. По этой причине разделение материалов отличается от разделения в других шредерах. Тот факт, что сырье для измельчения является мокрым, снижает долю материалов с низкой плотностью, которые впоследствии накапливаются в виде остатков шредера, по сравнению с сухими процессами. Однако при очистке загрязненных сточных вод накапливается большое количество осадка, и его необходимо подготавливать.

- измельчение кабелей

Измельчение кабелей может включать следующие этапы:

1. Предварительное измельчение с помощью медленно работающих устройств (например, от 20 до 190 об/мин). Размер частиц на выходе составляет 3 - 10 см.

2. Разделение металлов с помощью магнитного сепаратора, установленного над лентой.

3. Двухступенчатое измельчение с помощью бегунковой мельницы. Размер частиц на выходе составляет примерно 1 см.

4. Этапы последующей подготовки, включая отделение пластиковой фракции (оболочка кабеля).

Независимо от типа используемого шредера, образующиеся потоки являются результатом среднего поступающего потока от процесса измельчения. Размер лома железной/стальной фракции является довольно однородным, в диапазоне 50 - 150 мм, и составляет более 98 % железа или стали.

В процессе измельчения поступающие потоки разделяют и дробят на мелкие кусочки. Тяжелые материалы выгружаются из шредера, в то время как легкая измельченная фракция выгружается за счет принудительной подачи воздуха в циклоне и системах воздушной сепарации.

Состав материала фракции сильно варьируется и, в значительной степени, зависит от вида подаваемого потока. Трудно определить процент каждого вида лома в общем объеме, поскольку состав поступающего потока сильно различается на разных установках.

**6.1.1 Уровни воздействия на окружающую среду и потребления природных ресурсов**

Организация отбора проб и проведения измерений в области охраны окружающей среды, а также их периодичность определяется в соответствии с [3].

***Выбросы в атмосферный воздух***

Операции разделения материалов и разделения магнитной фракции проводятся с высокой пропускной способностью, обычно от 40 т до 200 т в час. При такой скорости даже при строгом визуальном контроле подачи невозможно избежать попадания какого-либо материала, способного вызывать дефлаграцию в шредере, и, хотя риск возникновения может быть уменьшен, он не может быть исключен полностью. Следовательно, сам шредер не может быть оборудован рукавным фильтром, если не предпринимаются меры по смягчению воздействия (например, клапаны сброса давления), поскольку в таком случае рукавный фильтр будет поврежден при дефлаграции в шредере.

Диффузные выбросы могут оказывать локальное воздействие на окружающую среду. Источники потенциальных диффузных выбросов разнообразны: большая высота падения отходов при погрузочно-разгрузочных работах, отверстия в корпусе шредера, неэффективная аспирационная установка, недостаточная очистка дороги и т.д.

Еще одним источником диффузных выбросов от установок по измельчению являются дефлаграции. Дефлаграция может быть вызвана остатками топлива в транспортных средствах с выработанным ресурсом. Данная ситуация считается условиями эксплуатации, отличными от нормальных.

Выбросами в атмосферный воздух от установки по измельчению могут быть:

- Твердые частицы, включая твердые частицы металлов;

- ЛОС;

Самые высокие концентрации ЛОС были обнаружены для соединений, связанных с бензином и дизельным топливом. К ним относятся, например, изомеры ксилола, толуол и легкие углеводороды. Содержание газообразных органических веществ в воздухе может быть снижено с помощью комбинации циклонов и мокрых скрубберов.

Уровень выбросов общего органического углерода может быть уменьшен за счет снижения скорости подачи отходов в шредер, что позволило лучше контролировать поступающие потоки с точки зрения их потенциального содержания органических соединений.

- Водяные пары, которые возникают или при условиях эксплуатации, отличных от нормальных (например, дефлаграции), или когда на измельчение поступают плохо очищенные отходы, выхлопы, твердые частицы и диоксины.

Установки по измельчению для подготовки транспортных средств с выработанным ресурсом являются одним из потенциальных источников непреднамеренного образования и выброса полихлорированных дибензо-п-диоксинов и дибензофуров (далее - ПХДД/Ф) и полихлорированных бифенилов (далее – ПХБ).

Что касается диоксинов, испытания показали, что температуры в камере шредера, как правило, не превышают 70 °C (хотя она может быть выше в некоторых участках). Следовательно, за исключением условий эксплуатации, отличных от нормальных, таких как дефлаграция, которые должны быть максимально устранены, вещественный состав потоков, поступающих на завод, такой же, как и в образующихся потоках.

Выбросы ПХБ могут происходить из-за того, что товары с выработанным ресурсом, в которых ранее содержались ПХБ, подготавливаются на установках по измельчению. Изделия, содержащие ПХБ, также содержат небольшое количество диоксиноподобных ПХБ (дпПХБ) и ПХДД/Ф, и измеренные выбросы можно объяснить повторным выбросом ранее содержащихся ПХБ.

К товарам с выработанным ресурсом, которые при подготовке могут выделять ПХБ, относятся:

- конденсаторы и трансформаторы, содержащие ПХБ;

- краски для медных обмоток электродвигателей, содержащие ПХБ;

- разделяющие составы, содержащие ПХБ, в электронных отходах, например, мелованная бумага, целлюлоза и пластик;

- отходы металлов с покрытиями, содержащими ПХБ, например, столы, стулья, оконные рамы, стальные балки.

Процесс измельчения, включая подготовку отходов и остатков, приводит к образованию большого количества тверыдх частиц, содержащих загрязняющие вещества, такие как тяжелые металлы, ПХДД/Ф и ПХБ, которые подвержены рассеиванию в окружающей среде (точечные и диффузные выбросы).

Основными методами предотвращения выбросов ПХБ и диоксинов в атмосферный воздух при механической подготовке отходов металлов в шредерах являются:

- избежание измельчения отходов, содержащих ПХБ;

- избежание инцидентов/несчастных случаев, таких как дефлаграция и пожары;

- избежание или, где это невозможно, уменьшение диффузных выбросов твердых частиц.

Это достигается путем оптимизации сведений о поступающих потоках и их контроля, а также путем применения соответствующих методов управления и борьбы с выбросами.

- Ртуть

Ртуть может содержаться в следующих материалах поступающих потоков:

- ртутные выключатели, содержащие хладагенты, такие как холодильники и морозильные камеры, или другого оборудования (реле времени, поплавковое реле, выключатели лестничного освещения);

- некоторые элементы подсветки плоскопанельных ЖК и светодиодных дисплеев;

- отдельные батареи таблеточного типа;

- газоразрядные лампы;

- люминесцентные лампы с холодным катодом от сканеров и фотокопировальных устройств.

Отходы металлов, которые (предположительно) содержат эти предметы, обычно подготавливают на специальных установках, а не в шредерах для измельчения смешанных металлов.

Тем не менее, ртуть может присутствовать в выбросах в атмосферный воздух от механической подготовки металлических отходов в шредерах.

Как и в случае с ПХБ и диоксинами, основным методом предотвращения выбросов при механической подготовке отходов металлов в шредерах является предотвращение попадания таких ртутьсодержащих отходов в процесс.

***Сброс сточных вод в водные объекты***

Дождевая вода собирается и отводятся, как и любая вода, возникающая от процессов на площадке, в том числе вода для увлажнения твердых частиц или технологическая вода. Сток поверхностных вод также включает те воды, которые просачиваются при подаче и выходе отходов. Во время просачивания вода может выщелачивать растворимые компоненты, а также переводить нерастворимые материалы во взвешенное состояние и переносить их в водосточную систему.

Установки имеют непроницаемые бетонные поверхности, с которых осуществляется отведение воды через песколовки или отстойники в маслоуловители, а затем в точку сброса. Цель состоит в том, чтобы уменьшить количество воды, сбрасываемой с установки, и снизить степень ее загрязнения.

***Водопотребление***

Шредеры для измельчения отходов металлов не потребляют много воды, и большая часть оборудования работает без нее. Однако воду можно использовать для впрыскивания в устройство или для мокрой очистки. Затем она обычно используется в замкнутом контуре после очистки. К поступающей пресной воде добавляется вода для компенсации потери из-за испарения или вода, остающаяся в отстойнике. Использование более новых методов, таких как добавление пенообразователя во впрыскивающее устройство, уменьшает потребление воды.

Количество воды, используемой в шредерах для полумокрых или мокрых процессов измельчения (воды, либо впрыскиваемой в устройство, либо используемой для мокрого (Вентури) скруббера), составляет 1–10 л на 1 т отходов.

**6.2 Отходы электрического и электронного оборудования (далее - ОЭЭО), содержащих летучий (гидро-)фторуглерод и/или летучий углеводород**

Установка для подготовки электрического и электронного оборудования принимает (в качестве поступающих потоков отходов) бытовые приборы, которые содержат такие хладагенты и пенообразователи, как летучий (гидро-)фторуглерод (хлорфтоуглерод (далее – ХФУ), гидрохлорфторуглерод (далее – ГХФУ), гидрофторуглероды) и летучий углеводород (углеводороды). Бытовые холодильники и морозильники, изготовленные до 1995 года, обычно содержат хлорфторуглерод (ХФУ, например, R11 и R12) и гидрохлорфторуглерод (ГХФУ, например, R22) в контуре и в изоляции в качестве пенообразователей. ХФУ и ГХФУ являются озоноразрушающими веществами (далее - ОРВ). Холодильники и морозильники, выпускаемые с 1995 года, содержат озонобезопасные гидрофторуглеродные (ГФУ) хладагенты; тем не менее с этими хладагентами необходимо обращаться осторожно, так как они являются парниковыми газами. С середины 1990-х годов производители также использовали в качестве хладагентов углеводороды (например, R600a), а в качестве пенообразователей – циклопентан или изопентан.

Поступающие в шредер потоки отходов включают в себя:

- холодильники и морозильные приборы;

- кондиционеры;

- осушители;

- кулеры для воды;

- диспенсеры для холодных продуктов;

- сушильные машины с тепловым насосом.

В результате процесса образуются следующие вещества или материалы:

- масло;

- фторуглеродные и углеводородные хладагенты и пенообразователи;

- выключатели, содержащие ртуть;

- железный и стальной лом;

- лом цветных металлов, алюминиевые и медные фракции;

- пластиковая фракция, преимущественно полистирол и полиуретан;

- пенополиуретан в гранулах или порошке (холодильник содержит приблизительно 4,5 кг пенополиуретана);

- легкая измельченная фракция (SLF).

При подготовке оборудования, содержащего хладагенты, такие как летучие (гидро-) фторуглероды или летучие углеводороды, удаляются незакрепленные внутренние части электрического и электронного оборудования и надлежащим образом извлекается масло и летучие (гидро-)фторуглероды (далее - ЛФУ) и/или летучие углеводороды (далее - ЛУ) (этап 1) для дальнейшей подготовки, после чего устройства измельчаются в герметичной установке (этап 2) на более мелкие части. Эти компоненты (лом черных металлов, смешанный лом цветных металлов, пенополиуретан и пластмассы) отделяются друг от друга в процессе последующего разделения.

*Этап 1: удаление масла и хладагентов*

Масло и хладагенты удаляются. Фторуглеродные и углеводородные хладагенты восстанавливаются в герметичных сосудах под давлением. Как правило, стационарные устройства, такие как холодильники и небольшие кондиционеры, не имеют доступа к технологическому шлангу (резервный клапан). В таких случаях извлечение хладагента осуществляется с помощью прокалывающих щипцов или сверлильной головки. После прокола компрессора небольшой клапан препятствует растеканию хладагента. «Шаровые» клапаны на одном конце технологических шлангов предотвращают случайный выброс фторуглеродных или углеводородных хладагентов в атмосферный воздух и способствуют безопасному удалению сервисных шлангов.

Одновременное извлечение масла и хладагентов в одном этапе с помощью вакуумного отсоса позволяет достичь наилучшего результата.

Компрессорное масло содержит высокие концентрации растворенного хладагента и поэтому хранится в закрытой системе до полной дегазации. Дегазация может быть осуществлена с помощью нагревания, перемешивания, вакуума или их комбинации.

После того, как компрессор убирается, корпус автоматически перемещается в шредер (этап 2) через двойной шлюз. Оставшееся в компрессоре масло вытекает при отсосе воздуха. Извлеченный воздух очищается для минимизации выбросов ЛФУ/ЛУ.

*Этап 2: извлечение фторуглеродных и углеводородных пенообразователей из изоляционного материала на этапе измельчения*

Стандартная автоматизированная установка подготавливает от 35 до 75 холодильных устройств в час. Холодильники автоматически перемещаются гидравлическим подъемником и/или ленточным конвейером в измельчающее устройство. Операция измельчения происходит в закрытой камере шредера.

Дегазификация зоны измельчения осуществляется до того, как измельченные куски извлекаются из камеры шредера. Измельченные материалы отправляются, например, в воздушный сепаратор, где разделяются измельченные куски пенополиуретана. Затем пенополиуретан либо прессуется в твердые гранулы в прессе для гранулирования, либо измельчается в дробилке для получения мелкого порошка. В некоторых случаях пенополиуретановый гранулят нагревают примерно до 110 °C в закрытой нагревательной спирали, чтобы извлечь весь оставшийся пенообразователь. Отработанный воздух от этого технологического этапа также подается в систему очистки.

Измельченные частицы черных, цветных металлов и пластика разделяются после типичного разделения с использованием магнитного сепаратора, вихретокового сепаратора, воздушного сепаратора, грохота, гидроциклонов и т.д.

**6.2.1 Очистка газа, содержащего ЛФУ/ЛУ**

Очистка газа, содержащего ЛФУ/ЛУ, поступающего в результате дегазации на этапе 1 или 2, выполняется одним из следующих методов:

1. Криогенная технология: из зоны измельчения удаляется воздух, вместе с которым ЛФУ/ЛУ направляются в криогенную установку и сжижаются.

2. Технология каталитической конверсии: зона измельчения непрерывно снабжается воздухом, а газ очищается в двух последовательно соединенных каталитических конвертерах, где, во-первых, углеводородные соединения подвергаются термическому окислению, а во-вторых, ЛФУ превращаются в хлористый водород и фтористый водород.

3. Технология адсорбции: газы, содержащие ЛФУ/ЛУ, закачиваются в адсорбционные фильтры. Перед адсорбцией можно использовать механическое охлаждение, чтобы избежать быстрого насыщения за счет уменьшения количества воды в технологическом газе. Фильтры можно регенерировать в автоматической системе восстановления или на других специализированных установках.

**6.2.2 Типы используемых шредеров**

Предварительный измельчитель

Предварительный измельчитель в основном используется для подготовки кондиционеров, а также большого и профессионального холодильного и морозильного оборудования. Он приводится в движение планетарным редуктором, обычно с гидравлическими двигателями. Если измельчитель заблокирован, можно переключить роторы на работу в противоположном направлении.

Двухосные роторные ножницы

Основной задачей двухосного шредера является измельчение вязкого материала и материала с большим диаметром с получением равномерного по размеру потока. Двухосный шредер характеризуется низкой скоростью и высоким крутящим моментом, способным к высокой пропускной способности. Две оси работают по-разному, с функцией резки. Небольшие двухосные роторные ножницы иногда используются для повторного уменьшения размера, чтобы лучше отделить остаточную изоляционную пену от измельченного материала. Роторные ножницы можно использовать с или без экрана под ножами.

Четырехосные роторные ножницы

Четырехосные шредеры имеют преимущества в стандартизации и модульной конструкции и состоят из легко взаимозаменяемых компонентов. У них низкая скорость вращения, большой крутящий момент и низкий уровень шума. Четырехосные роторные ножницы могут использоваться с или без экрана под ножами для уменьшения размеров образующегося потока.

Шредер типа «super chopper»

Шредеры типа «super chopper» − это сверхмощные предварительные измельчители, разработанные в качестве первого этапа в некоторых процессах подготовки холодильного оборудования.

Роторный шредер

Эти шредеры могут измельчать устройства весом до 300 кг в зависимости от условий подачи. Камера роторного шредера содержит вращающиеся молотки или цепи (в данном случае измельчитель называется перекрестным шредером), прикрепленные шарнирными соединениями к высокоскоростному вертикальному валу. Они расположены друг над другом, выровнены горизонтально и стабилизированы центробежной силой. Когда холодильные устройства попадают в зону действия молотков или цепей, они подвергаются интенсивному воздействию и измельчаются на мелкие куски. Как только измельченные куски достигают желаемого размера, они выходят из камеры через спроектированные разделительные ворота. Материал измельчается за очень короткое время и без перерыва, что приводит к высокой степени энергоэффективности.

**6.2.3 Уровни воздействия на окружающую среду и потребления природных ресурсов**

Организация отбора проб и проведения измерений в области охраны окружающей среды, а также их периодичность определяется в соответствии с [3].

***Выбросы в атмосферный воздух***

Выбросы в атмосферный воздух могут представлять собой твердые частицы (которые могут содержать огнеупорные керамические волокна или мелкие твердые частицы, например, при измельчении вакуумных изоляционных панелей) и ЛФУ/ЛУ. Обычно применяемые технологии очистки на конце трубы представляют собой тканевые (или рукавные) фильтры для уменьшения выбросов твердых частиц и фильтры с активированным углем или криогенную конденсацию для уменьшения выбросов ЛФУ/ЛУ.

***Сброс в водные объекты***

Подготовка ОЭЭО, содержащего ЛФУ и/или ЛУ, не требует большого количества воды (вода может добавляться для предотвращения высоких температур в шредере и дробилке) и, следовательно, образуют незначительные сбросы в водные объекты.

**6.3 Механическая подготовка отходов, обладающих теплотворной способностью**

Основная цель – приготовление горючего материала из неопасных отходов, в некоторых случаях твердых коммунальных отходов (ТКО).

Основная функция приготовления топлива заключается в улучшении качества отобранных отходов. В случае сырья без биоразлагаемой фракции установка улучшает поступающий поток главным образом путем удаления негорючих материалов.

Сырье с биоразлагаемой фракцией подвергается биологической подготовке дополнительно к механической.

Поступающие отходы разделяются и измельчаются в основном для получения более однородного горючего материала, который не содержит влажных гниющих или тяжелых инертных материалов (камни, стекло, металлы и т.д.). Другими используемыми операциями и оборудованием являются, например, просеивание, сепараторы, дробилки, грохочение и сбор.

Технологии приготовления твердого топлива значительно различаются в зависимости от источника и вида отходов, а также от требований заказчика/установки для сжигания.

Следует учитывать, что отходы представляют собой неоднородную смесь материалов, особенно твердые коммунальные отходы. Поэтому, подготавливая отходы с помощью специальной технологии подготовки, производитель делает топливо более однородным.

*Отходы пластика*

Рекуперация энергии из определенных потоков отходов пластика в полномасштабных испытаниях продолжалась в течение длительного периода времени, чтобы подтвердить повторяющиеся и стабильные условия работы; документировать влияние отходов пластмасс на операцию; а также указать, какие образуются материалы и выбросы.

**Таблица 4 - Использование отходов пластмасс из различных отраслей промышленности в качестве топлива**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Технология сжигания | Использование энергии | Упаковка | Коммерческие | Автомобильные | Электрические и электронные | Сельскохозяйственные | Строительства |
| Колосниковая решетка | Централизованное теплоснабжение и тепло/энергия | MPW | NI | SR | NI | NI | Пена |
| Кипящий слой (КС) | Тепло/энергия | MPW, SR | NI | NI | NI | NI | NI |
| Пылеугольная горелка | Энергия | MPW | NI | NI | NI | Пленка | NI |
| Ротационная печь | Цементная промышленность | MPW | NI | NI | Пена | NI | NI |
| Промышленная печь | Цветная металлургия | NI | NI | NI | ESR | NI | NI |
| Циркулирующий КС | Целлюлозно-бумажная промышленность | MPW | Бордюрный камень | SR | NI | NI | NI |
| Примечание: MPW = коммунальные отходы пластика (иногда необходимо измельчить перед использованием); SR = остатки от измельчения; ESR = остатки от измельчения крупной бытовой техники; NI = Информация отсутствует. | | | | | | | |

*Твердое топливо для замены угля*

Основными различиями между углем и твердым топливом из отходов являются содержание серы, хлора и тяжелых металлов. Например, во многих случаях, если рассматривать твердое топливо с пластмассами и сравнивать их с углем, содержание хлора в восстановленном топливе выше (обычно 0,5–1,0 %), а содержание серы ниже. Кроме того, содержание тяжелых металлов, как правило, будет в аналогичном диапазоне или может быть выше. Твердое топливо из отходов продается в разных формах. В таблице 5 приводится обзор различных физических форм топлива из отходов.

**Таблица 5 - Обзор различных физических форм топлива из отходов (образующийся поток)**

|  |  |
| --- | --- |
| Топливо | Определение физико-химических характеристик |
| Рыхлое | Размер частиц, плотность, влажность, общая теплотворная способность, зольность, химический состав |
| Мягкие гранулы |
| Твердые гранулы |
| Щепа |
| Порошок |

*Образующийся поток*

В процессе получения топлива из твердых отходов разделяется фракция, обладающая теплотворной способностью и фракция, не обладающая теплотворной способностью. Фракция, не обладающая теплотворной способностью, может составлять высокий процент подготовленных отходов (например, ТКО).

Виды образующегося потока отходов:

1. Твердое топливо, например:

- Твердое топливо из отходов (SRF) представляет собой твердое топливо, приготовленное из неопасных отходов для использования в целях рекуперации энергии на установках для сжигания или совместного сжигания, и соответствует стандартизированным классификационным и техническим требованиям.

- RDF-топливо отличается от SRF тем, что оно не производится в соответствии со стандартизированными классификационными и техническими требованиями. RDF-топливо включает фракции с высокой теплотворной способностью. Эти фракции являются более крупными фракциями потоков отходов, содержащих материалы с высокой теплотворной способностью, которые не были подготовлены так же тщательно, как фракции для электростанций, работающих на вторичном топливе, таком как SRF.

- Твердое биотопливо; твердое биотопливо подразделяется на две категории, а именно биоразлагаемые отходы с высокой теплотворной способностью, такие как древесина, бумага, текстиль и влажные гниющие отходы (которые обычно включают в себя продукты питания), а также отходы садоводства и шлам.

Твердое топливо может быть либо измельченным и рыхлым, либо уплотненным в гранулы, кубики и брикеты.

2. Отходы пластика, которые могут заменить другие виды твердого топлива, такие как уголь, торф, древесина, нефтяной кокс. В настоящее время существует ряд разработок для замещения топлива, а также некоторые демонстрационные установки, которые в настоящее время работают с использованием твердых отходов пластика.

3. Древесина для повторного использования.

4. Негорючие материалы, такие как металлы, камень и стекло, которые можно отправить на восстановление материалов.

Качество продукта и характеристики топлива из отходов часто определяются требованиями пользователя. Электростанции, цементные заводы, газификационные установки, многотопливные котлы и т.д. имеют разные стандарты использования твердого топлива в зависимости от технологии, очистки отработанного газа и спецификации продукта.

Обеспечение качества при подготовке отходов для использования в качестве топлива обусловлено необходимостью соблюдения технических условий, установленных принимающим объектом. Это связано с характеристикой состава отходов и с системой управления качеством продукции. Смешивание отходов также играет важную роль.

Производство топлива из твердых отходов можно разделить на несколько этапов, которые приведены ниже. Однако данный список представляет только обзор возможных методов; каждый этап не обязательно является частью каждого процесса:

- приемная площадка/бункер;

- предварительное разделение/выборка загрязнителей;

- загрузочное оборудование – автопогрузчики или краны обычно применяются для подачи материала;

- уменьшение размера – измельчения можно достигнуть с помощью молотковых дробилок, резательных измельчителей, одноосевых измельчителей, вращающихся ножниц, измельчителей с кулачковым валом и каскадных дробилок;

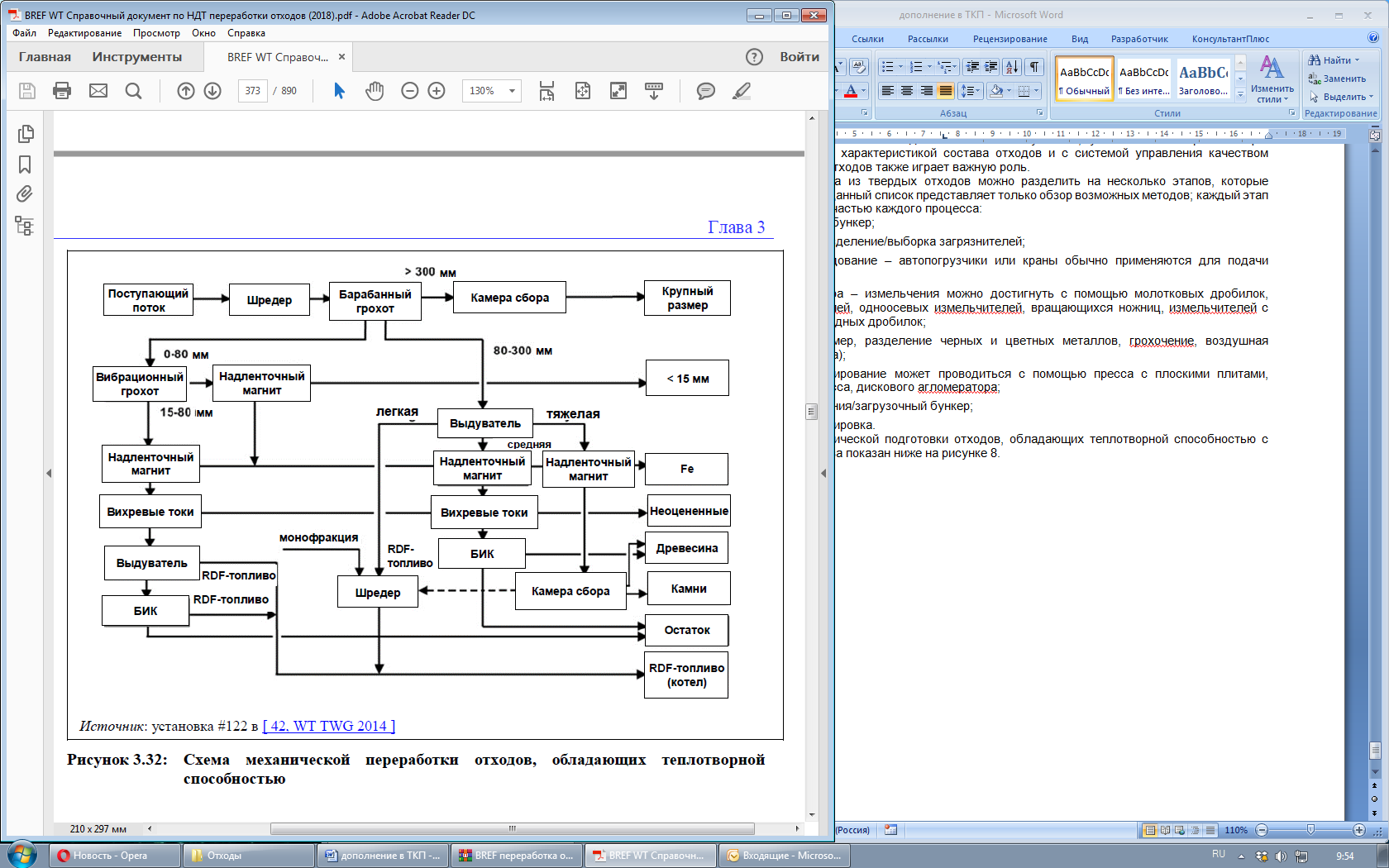
- разделение (например, разделение черных и цветных металлов, грохочение, воздушная сепарация, БИКС, выборка);

- прессование/гранулирование может проводиться с помощью пресса с плоскими плитами, кольцевого режущего пресса, дискового агломератора;

- хранение/зона хранения/загрузочный бункер;

- загрузка и транспортировка.

Пример схемы механической подготовки отходов, обладающих теплотворной способностью с образованием RDF-топлива показан ниже на рисунке 4.



**Рисунок 4 - Схема механической подготовки отходов, обладающих теплотворной способностью**

После заключительного этапа подготовки получается твердое топливо из отходов. В некоторых случаях могут потребоваться дополнительные этапы для приготовления твердого топлива из отходов в соответствии с пожеланиями потребителей. Может потребоваться уплотнение или уменьшение размера.

После того, как горючий материал отделяется, он измельчается и либо отправляется заказчику, либо гранулируется перед отправкой на сжигание (это обычно происходит, когда материал сгорает за пределами площадки, поскольку уплотнение топлива снижает транспортные расходы).

**6.3.1 Уровни воздействия на окружающую среду и потребления природных ресурсов**

Организация отбора проб и проведения измерений в области охраны окружающей среды, а также их периодичность определяется в соответствии с [3].

***Выбросы в атмосферный воздух***

Наиболее часто измеряемым параметром являются твердые частицы, которые устраняются в основном с помощью рукавных/тканевых фильтров. Некоторые установки, оснащенные адсорбцией активированным углем и/или биофильтром, также измеряют количество органических соединений (общий органический углерод, общие ЛОС).

***Сброс в водные объекты и водопотребление***

Наиболее часто измеряемыми параметрами являются pH, взвешенные вещества и ХПК.

Механическая подготовка отходов, обладающих теплотворной способностью – это сухой процесс. Вода может использоваться для промывки, а также для мокрой очистки или распыления воды (уменьшение образования тердых частиц).

**7 Биологическая подготовка отходов**

При биологической подготовке используются живые микроорганизмы для разложения органических отходов на воду, CO2 и простые неорганические вещества или на более простые органические вещества, такие как альдегиды и кислоты. В случае компостирования органические вещества превращаются в увлажненные минерально-органические комплексы. Существует несколько видов биологической подготовки, однако не все включены в содержание настоящего документа.

В таблице 6 приведены методы биологической подготовки отходов.

**Таблица 6 - Биологическая подготовка отходов**

|  |  |
| --- | --- |
| **Метод биологической подготовки** | **Краткое описание** |
| Аэробная подготовка (включая компостирование) | Разрушение органических соединений, присутствующих в отходах. Применяется для твердых отходов, сточных вод, биодеградации, а также для шлама и загрязненной маслом почвы.  Компостирование представляет собой сбор отходов навалом (укладка в штабеля) и применяется для стимулирования аэробного биологического разложения органических твердых веществ. В результате образуется гуминовое вещество, ценное в качестве удобрения или составляющей растительной среды. |
| Анаэробная подготовка (или анаэробное разложение – АР) | Разложение органических веществ в закрытых емкостях при отсутствии воздуха. Используются две формы бактерий: кислотообразующие и метанобразующие. Применяется для биологической очистки твердых и жидких отходов, сильно загрязненных сточных вод (например, хлорированными соединениями), и в производстве биогаза для его использования в качестве топлива. |
| Механическо-биологическая подготовка (МБП) | Подготовка смешанных твердых отходов, сочетающая механическую подготовку (например, измельчение) с биологической подготовкой, такой как аэробная или анаэробная подготовка. |
| Биосушка | Обычный реактор биосушки включает в себя ряд отдельных закрытых контейнеров, соединенных с системой аэрации или большим помещением для биосушки, где партии отходов постепенно перемещаются через зал с помощью механического грузоподъемного крана. |
| Использование активного ила | Разложение органических отходов в воде путем биологического роста. Вода рециркулирует и насыщается кислородом для ускорения биологического процесса, и активный ил увеличивается в массе. Обычно применяются две системы: система приостановленного роста и система приложенного роста. |
| Аэрируемый пруд | Большие пруды, содержащие высокую концентрацию микроорганизмов. Пруды насыщаются кислородом для стимуляции роста бактерий и разложения отходов. |

Биологическая подготовка может быть адаптирована к большому разнообразию органических материалов или веществ, которые могут содержаться в отходах или загрязненной почве.

Удельные выбросы при биологической подготовке зависят от:

1. летучих компонентов, присутствующих в поступающих отходах и производимых в процессе биологического разложения;

2. количества и вида подготавливаемых отходов (включая потенциальные загрязнители, содержащиеся в отходах);

3. вида подготовки.

Общей характеристикой биологической подготовки отходов является то, что тяжелые металлы и другие не биоразлагаемые или летучие компоненты, с одной стороны, накапливаются в результате минерализации органического вещества, а с другой стороны, подвергаются разбавлению путем смешивания и растворения в водной фазе и, следовательно, становятся частью микроорганизмов.

Летучие химические составляющие наиболее вероятно приводят к неконтролируемым выбросам в атмосферный воздух вместе с аммиаком. Коммунальные отходы с большей вероятностью могут привести к присутствию металлов в сточных водах или осадке. Поэтому разделение отходов имеет важное значение для качества сырья.

**7.1 Аэробная подготовка (включая компостирование)**

Аэробное разложение отходов – это естественный процесс биологического разложения, при котором бактерии, которые размножаются в богатых кислородом средах, разлагают отходы на углекислый газ (CO2), воду (H2O), нитраты и сульфаты.

Чтобы разложение происходило в кратчайшие сроки, исходные материалы должны представлять собой смесь легко разлагаемых, влажных органических веществ и улучшающих структуру органических веществ. Материалы, улучшающие структуру, необходимы для создания структуры с достаточной пористостью, заполненной воздухом, и большим количеством пор. Содержание влаги важно для поддержания активности микроорганизмов; при низком содержании влаги они неактивны. Если содержание влаги становится слишком высоким, пористость материалов уменьшается, и в компостируемом материале может формироваться анаэробная среда. Оптимальное содержание влаги находится в диапазоне 40-65 %, минимальная влажность составляет 30-45 % (влажная основа).

Процесс компостирования включает четыре основных этапа: приемка, подготовка, компостирование и заключительный этап.

1. Приемка: взвешивание и контроль поступающих отходов

Характеристики и количество поступающих отходов регистрируются в зоне приемки или поставщиком с помощью наземных или вмонтированных напольных весов или расходомеров. Приемочные проверки состоят из визуальных проверок или, например, в случае отсутствия информации о полученных отходах или возможном загрязнении, представляющем риск для процесса подготовки, проводится анализ исходных проб.

Конструкция приемочной зоны (например, способ выгрузки сырья, герметизация приемочной зоны) зависит от типа субстрата, контроля загрязнения воздуха и гигиенических требований. Плоские или утопленные бункеры и резервуары служат буфером.

2. Подготовка

- Ручное разделение

При необходимости нежелательные большие не биоразлагаемые материалы удаляются вручную.

- Измельчение

Цель измельчения состоит в том, чтобы лучше подготовить поступающие органические отходы для биологической подготовки: вскрытие упаковки, гомогенизация сырья и т.д. Отходы подаются в шредер при помощи автопогрузчика, крана и других систем транспортировки или с помощью ленточных и шнековых конвейеров. В зависимости от исходного сырья измельчение может осуществляться либо до, либо после этапа разделения.

- Автоматическое разделение и гомогенизация

Барабанные сита часто используются для разделения и гомогенизации материала. При необходимости металлы, пластик и другие не биоразлагаемые материалы удаляются с помощью магнитных и вихретоковых и воздушных сепараторов.

3. Компостирование

Содержание воды, аэрация и температура являются основными параметрами контроля процесса компостирования.

- Интенсивное разложение

Интенсивное разложение происходит в течение первых двух-трех недель процесса. Большая часть выбросов связана с этой фазой: при аэробном разложении выделяются углекислый газ, вода, аммиак и тепло. Температура гниющего материала поднимается до 70 °C, что приводит к большему выделению дурнопахнущих веществ, таких как летучие жирные кислоты, аммиак и другие азотсодержащие соединения, кетоны, ароматические соединения и неорганические и органические соединения серы.

Этот этап обычно называют этапом санации. За ним следует менее интенсивная стадия созревания, где продолжается распад, но с размножением различных видов организма и постепенным снижением температуры.

- Аэрация

Наличие кислорода имеет решающее значение для поддержания аэробного разложения и предотвращения образования анаэробных зон, выделяющих метан. Кроме того, система аэрации одновременно отводит тепло и влагу от штабеля. Это предотвращает перегрев компоста, уложенного в штабеля, а также высушивает материал. Благодаря подаче кислорода с помощью аэраторов процесс может быть ускорен. Активная аэрация может быть осуществлена путем продувки или всасывания через решетчатые полы. Хотя продувка обычно приводит к более быстрому разложению, отработанный воздух выдувается в окружающую среду и/или помещение для компостирования. Всасывание облегчает сбор выбросов, защиту от коррозии в помещении и, за исключением случаев компостирования в туннелях, куда рабочие не входят, облегчает поддержание требуемых условий труда.

- Созревание

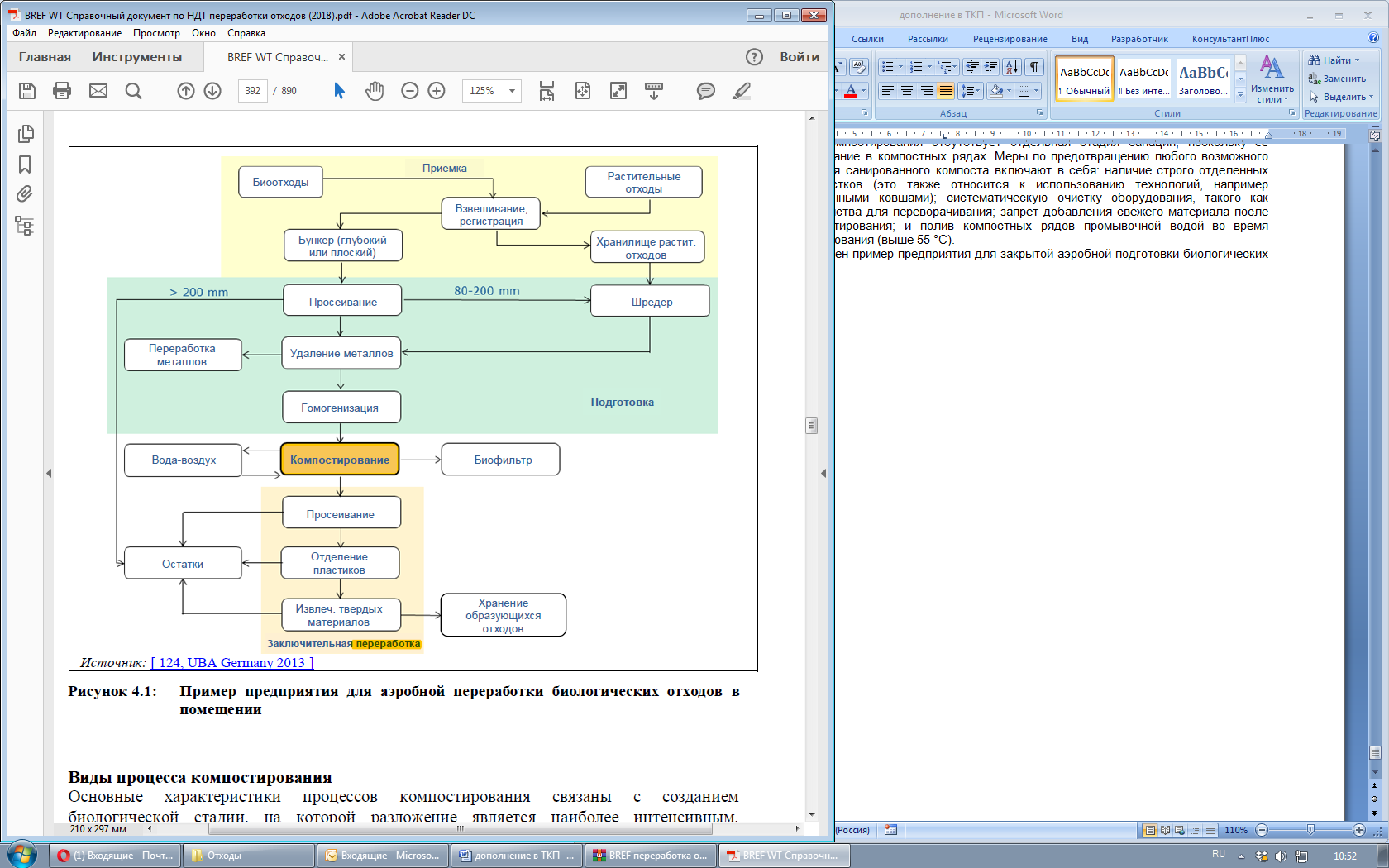
В зависимости от процесса, исходного сырья и ожидаемого качества образующихся отходов может потребоваться этап созревания. Этот этап длится от шести до двенадцати недель. Для созревания компост обычно укладывают в горизонтальные ряды или в треугольные бурты. Неразложившиеся материалы, оставшиеся после интенсивного разложения, на стадии созревания выделяют гуминовые вещества.

4. Заключительный этап

При необходимости компост отправляется на окончательную подготовку. Этот этап включает в себя разделение по размеру и удаление любых оставшихся примесей (например, стекла и пластмасс) с помощью барабанных сит и воздушных сепараторов.

На объектах для компостирования отсутствует отдельная стадия санации, поскольку ее обеспечивает самонагревание в компостных рядах. Меры по предотвращению любого возможного перекрестного загрязнения санированного компоста включают в себя: наличие строго отделенных чистых и грязных участков (это также относится к использованию технологий, например автопогрузчиков со сменными ковшами); систематическую очистку оборудования, такого как погрузчики, ковши, устройства для переворачивания; запрет добавления свежего материала после основной стадии компостирования; и полив компостных рядов промывочной водой во время термофильного компостирования (выше 55 °C).

На рисунке 5 приведен пример предприятия для закрытой аэробной подготовки биологических отходов.



**Заключительный этап**

**Рисунок 5 - Пример предприятия для аэробной подготовки биологических отходов в помещении**

Основные характеристики процессов компостирования связаны с созданием биологической стадии, на которой разложение является наиболее интенсивным. Существует еще одно различие в отношении того, как конструируется предприятие для компостирования и сами штабеля:

- горизонтальные ряды;

- треугольные бурты;

- барабанное компостирование;

- компостирование в ящиках, контейнерах и туннелях;

- линейное компостирование;

- компостные ряды под полупроницаемой мембраной.

Вторая отличительная особенность связана с тем, как работает предприятие для компостирования. Оно может иметь активную или пассивную вентиляционную систему, динамические штабеля (непрерывно вращающиеся, как в компостных барабанах), полудинамические штабеля (гниющий материал переворачивается или перемешивается устройствами) и статические штабеля с принудительной аэрацией.

**7.1.1 Уровни воздействия на окружающую среду и потребления природных ресурсов**

Организация отбора проб и проведения измерений в области охраны окружающей среды, а также их периодичность определяется в соответствии с [3].

***Выбросы в атмосферный воздух***

Аэробная подготовка на открытом воздухе

На открытых/наружных объектах аэробной подготовки выбросы в атмосферный воздух представляют собой диффузные выбросы (NH3 и аэрозоли).

Аэробная подготовка в помещении

Наиболее часто измеряемыми параметрами являются NH3, аэрозоли, H2S, общий органический углерод, твердые частицы, SOX, NOX и CH4.

***Сброс в водные объекты***

Аэробная подготовка на открытом воздухе

В ходе компостирования часть веществ может выщелачиваться в результате высокого уровня влажности в биологических и гниющих отходах и в результате естественного осаждения, после чего они просачиваются через компост. Сбрасываемые воды также состоят из сточных вод, попавших на зоны хранения и/или подготовки, и из промывочной воды, которая используется для очистки предприятия/оборудования и поверхностей.

Аэробная подготовка в помещении

Наиболее часто измеряемыми параметрами выбросов в воду являются содержание взвешенных частиц (TSS), pH, ХПК, общий азот и БПК5.

**7.2 Анаэробная подготовка (или анаэробное разложение)**

Подготовка биоразлагаемых отходов путем контролируемой анаэробной подготовки (также называемой анаэробным разложением (АР)) используется для преобразования органического вещества, содержащегося в отходах, в биогаз и дигестат.

Анаэробное разложение используется в промышленности для подготовки отходов с высоким уровнем ХПК и для подготовки активного ила от аэробной очистки сточных вод.

Одним из главных преимуществ данного процесса является производство биогаза в результате контролируемого анаэробного разложения: это возобновляемый источник энергии, который можно использовать для производства электроэнергии, тепла и топлива (газообразного или сжиженного).

Анаэробное разложение включает бактериальное разложение биомассы (биогенного органического материала) в отсутствие свободного кислорода.

Преобразование биомассы в биогаз и дигестат является сложным биохимическим процессом. Можно выделить следующие четыре этапа:

1. На первом этапе, **гидролизе**, полимерные компоненты исходного сырья (например, углеводы, белки, жир) разбираются на низкомолекулярные органические соединения (в том числе аминокислоты, сахара и жирные кислоты). Гидролитические микроорганизмы участвуют в выделении гидролитических ферментов, которые биохимически разлагают материал вне микробных клеток. Во время гидролиза образуется некоторое количество водорода, который может быть непосредственно использован для образования метана.

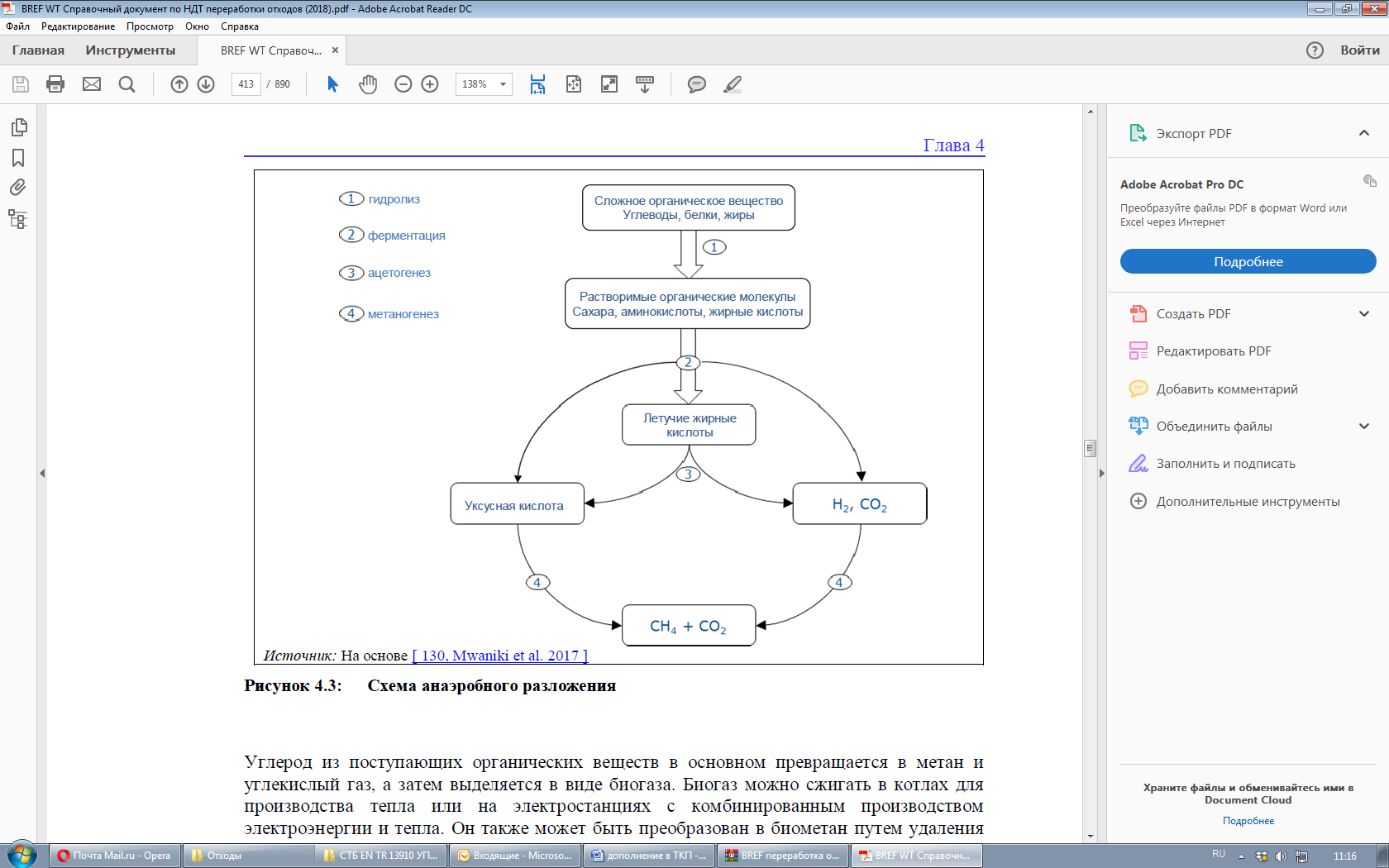
2. Полученные промежуточные продукты разлагаются во время **ацидогенеза** (ферментации) ацидогенными бактериями до летучих жирных кислот (например, уксусной кислоты, пропионовой и масляной кислот), а также до диоксида углерода и водорода. Также в небольших количествах образуются молочная кислота и спирты.

3. Промежуточные соединения впоследствии превращаются во время **ацетогенеза** ацетогенными бактериями в уксусную кислоту, водород и диоксид углерода.

4. На последнем этапе, **метаногенезе**, археи образуют метан и углекислый газ.

Углерод из поступающих органических веществ в основном превращается в метан и углекислый газ, а затем выделяется в виде биогаза. Биогаз можно сжигать в котлах для производства тепла или на электростанциях с комбинированным производством электроэнергии и тепла. Он также может быть преобразован в биометан путем удаления углекислого газа и впрыскиваться в сеть трубопроводов природного газа или использоваться в качестве топлива для транспортных средств.

Соотношение метана и углекислого газа зависит от потока отходов и температуры системы. Система должна иметь сбалансированную подачу для максимального производства метана. Установки обычно предназначены для обогащенных углеродом отходов, которые будут использовать доступный азот.



**Рисунок 6 - Схема анаэробного разложения**

Большое разнообразие органических материалов подходит в качестве исходного сырья, например:

- сельскохозяйственные отходы;

- раздельно собираемые коммунальные биологические отходы;

- садовые и парковые отходы;

- содержимое сепаратора для очистки жира;

- остатки пищи на кухнях, в отелях и ресторанах;

- просроченные продукты питания с розничных рынков;

- отходы пищевой промышленности;

- побочные продукты сельского хозяйства, такие как навоз и другие побочные продукты животного происхождения;

- промышленные шламы и осадки сточных вод от очистки городских сточных вод.

Одним из основных ограничений анаэробного разложения является его неспособность разлагать лигнин (основной компонент древесины). Это отличает его от аэробной подготовки.

Характеристики исходного сырья оказывают очень важное влияние на анаэробное разложение и, следовательно, на выход биогаза и качество дигестата.

*Биогаз*

Сухой биогаз имеет следующий типичный состав: 50–70 % метана, 30–50 % углекислого газа и 50–4000 ppm (1×10−6 от базового показателя) сероводорода наряду с другими следами летучих элементов. Выход биогаза и отношение метана к углекислому газу будут варьироваться в зависимости от исходного сырья и вида анаэробного разложения.

Производство биогаза может значительно варьироваться, например, на одном предприятии объемы варьировались от 80 Нм3 до 120 Нм3 на 1 т в зависимости от поступивших отходов. Биогаз можно использовать для производства электроэнергии, сжигать в котлах для производства горячей воды и пара в промышленных целях, использовать в качестве альтернативного топлива в транспортных средствах малой и большой грузоподъемности или впрыскивать в сеть трубопроводов природного газа.

В качестве альтернативы, биогаз можно преобразовать путем удаления углекислого газа и других загрязняющих газов, чтобы получить биометан. Добавление пропана к биометану также может потребоваться для достижения требуемой теплотворной способности газа. Биометан может впрыскиваться в распределительную сеть природного газа для преобразования в тепло или электроэнергию в точке отвода или использоваться в качестве транспортного топлива аналогично сжиженному нефтяному газу или сжиженному природному газу.

*Дигестат*

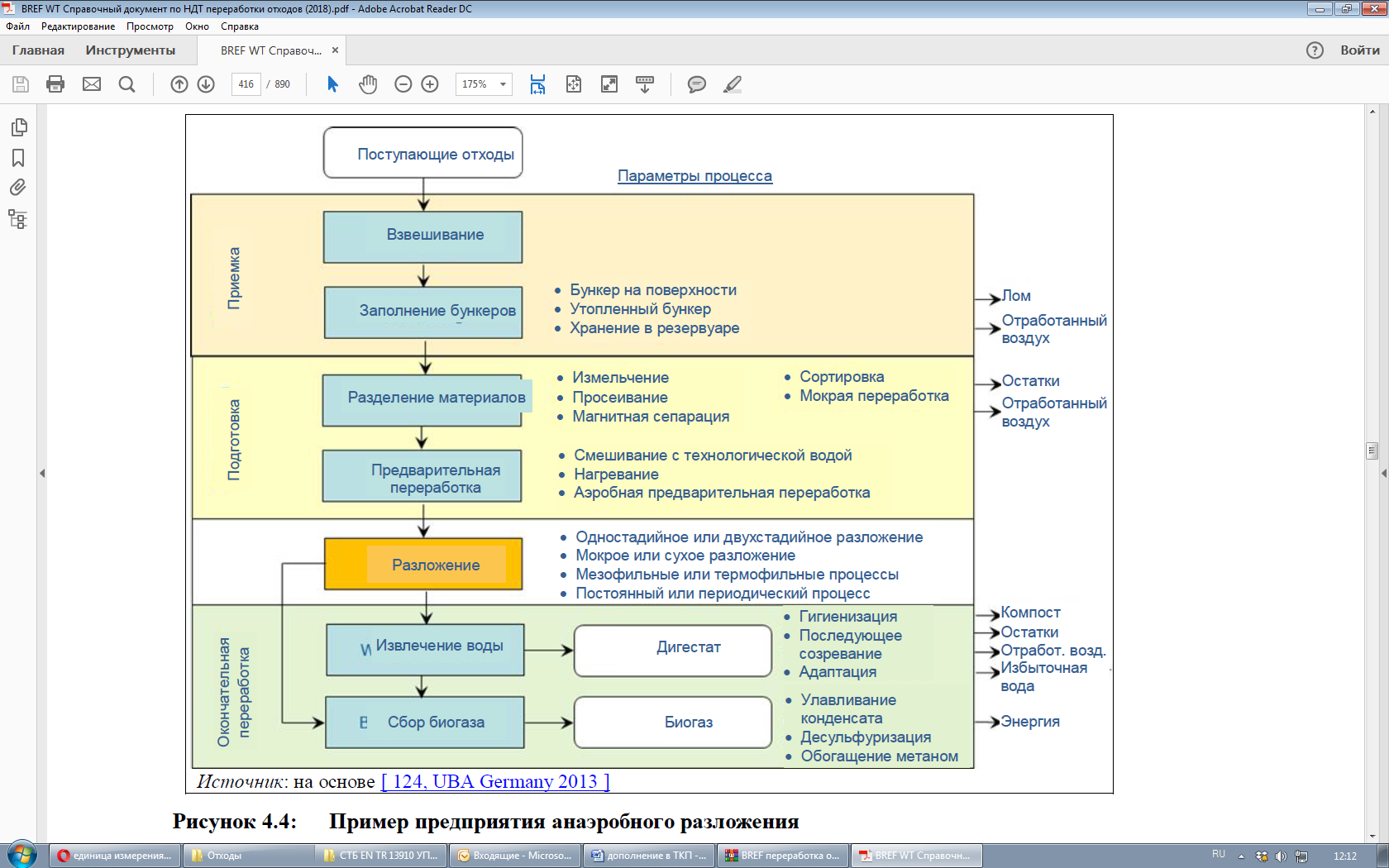
Чистое биоразлагаемое сырье повысит качество дигестата, который – если он соответствует национальному и европейскому законодательству и спецификациям продукции – может использоваться в качестве органического удобрения в сельском хозяйстве. Он может быть либо в жидкой форме (около 5–15 % сухого вещества), например, в виде навоза, либо в полутвердой форме (10–30 %), например, в виде торфа, или его можно преобразовать, например, компостированием, сушкой и/или гранулированием в ландшафтном дизайне и садоводстве, а также в частных садах.

Биогенные элементы, ранее содержавшиеся в сырье, остаются в дигестате. Только углерод, водород, кислород (как часть CO2) и, в небольших количествах, азот и сера могут выходить из процесса в газовой фазе. Следовательно, используемое сырье напрямую определяет состав образующегося дигестата. Содержание биогенных элементов в основном определяется содержанием азота, фосфора, калия и органического углерода.

*Твердые отходы для использования в качестве топлива*

Подготовленное твердое топливо представляет собой предварительно разделенную смесь бумаги и пластмасс. Промывка дигестата образует два дополнительных потока: остаток и древесную фракцию с остаточной теплотворной способностью, которая позволяет проводить термическую обработку.

Основными регулируемыми параметрами процесса анаэробного разложения являются способы контакта отходов с биомассой (микроорганизмами) и содержание влаги в отходах (например, жидкости, суспензии или твердом веществе). Анаэробное разложение обычно включает стадии, показанные на рисунке 7.



**Рисунок 7 – Стадии процесса анаэробного разложения**

Разложение

Существует множество различных условий эксплуатации, используемых в процессах разложения. Они обычно различаются на основе температуры рабочего процесса и процентного содержания сухого вещества в метантенке:

1. термофильные установки работают при температуре около 55 °С;

2. мезофильные установки работают при температуре около 40 °С;

3. сухие (с высоким содержанием твердых частиц) системы, когда в метантенке содержится 15–40 % сухого вещества;

4. мокрые системы, когда метантенк содержит менее 15 % сухого вещества.

Чем выше температура, тем быстрее проходит процесс. Тем не менее, термофильный процесс сложнее контролировать, и для его нагрева, а также для компенсации более высоких потерь тепла из резервуаров потребуется больше энергии.

Содержание влаги и разлагаемость сырья очень важны для выбора технологии. Например, кухонные отходы и другие гниющие отходы, которые могут быть слишком влажными и не иметь необходимой структуры для компостирования, являются отличным сырьем для анаэробного разложения. Кроме того, термофильный процесс может быть необходим, если в субстрат высокое содержание жира или если требуется санация.

Наиболее распространенные из существующих технологий анаэробного разложения перечислены в таблице 7.

**Таблица 7 – Технологии анаэробного разложения**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Технология | Описание | Поступающий поток |
| Мокрое разложение | Твердые биологические отходы смешивают с технологической водой или с жидкими отходами, чтобы получить разбавленное сырье для подачи в метантенк. Жидкие биологические отходы можно использовать напрямую. В других случаях установки мокрого анаэробного разложения подают твердые отходы напрямую (подача твердых отходов конвейерными винтами) в метантенк и содержание сухого вещества регулируется в метантенке. | Процесс может использоваться для коммунальных, промышленных, коммерческих и сельскохозяйственных биологических отходов, а также для навоза и энергетических культур. |
| Сухое непрерывное разложение | В гидролизный сосуд с помощью периодической загрузки постоянно поступает материал с 15-40 % содержанием сухой массы. Различают вертикальные и горизонтальные автоклавы. | Процесс может использоваться для коммунальных, промышленных, коммерческих и сельскохозяйственных биологических отходов и органических фракций смешанных коммунальных отходов. |
| Сухое периодическое разложение | В партию вводят дигестат из другого реактора и оставляют разлагаться без дальнейшего перемешивания. Фильтрат рециркулирует для улучшения контакта между образующимися на месте органическими кислотами и етанобразующими бактериями. | Процесс обычно используется для смешанных пищевых и садовых отходов со значительным содержанием строительных материалов. Также используется для сухого навоза и энергетических культур. |

Существуют следующие основные виды метантенков:

- вертикальные с мешалкой (обычно используются на установках мокрого разложения);

- горизонтальные с медленным перемешиванием, использующие технологию пробкового потока (используются на установках сухого разложения);

- вертикальные без перемешивания с использованием технологии пробкового потока (используются на установках сухого разложения);

- боксовые или перколяционные (используются на установках сухого периодического разложения).

Окончательный этап

*Санитарная очистка:* стадия санитарной очистки может считаться завершенной в процессе термофильного разложения. В других случаях может потребоваться отдельная стадия очистки (например, 70 °C, 1 ч). Кроме того, санация происходит, когда термическое разложение используется в качестве предварительной подготовки перед процессом ацидогенеза.

*Созревание:* может потребоваться последующая стадия аэробного разложения, чтобы привести органический материал к полной минерализации.

Созревание – это аэробная стадия (также называемая последующим компостированием), которая способствует образованию компоста, снижению содержания воды и предотвращению образования метана в твердых продуктах дигестата.

*Очистка биогаза:*

Биогаз осушается и очищается для удаления сероводорода перед его использованием в качестве топлива (как для наружного, так и для внутреннего использования). Диоксид углерода также может быть удален для преобразования биогаза в биометан. Методы удаления воды включают в себя:

- охлаждение/конденсацию;

- адсорбцию воды на поверхности осушителя;

- поглощение воды в гликолевых или гигроскопичных солях.

Анаэробное разложение распространено как метод подготовки широкого спектра биоразлагаемых отходов (сырья) во всех европейских государствах-членах. Исходное сырье и применяемые процессы и методы могут широко варьироваться в разных государствах-членах ЕС из-за различных требований законодательства и местных условий.

**7.2.1 Уровни воздействия на окружающую среду и потребления природных ресурсов**

Организация отбора проб и проведения измерений в области охраны окружающей среды, а также их периодичность определяется в соответствии с [3].

***Выбросы в атмосферный воздух***

Сам процесс анаэробного разложения является закрытым, но выбросы в атмосферный воздух могут образовываться, например, в результате:

* погрузки и разгрузки отходов;
* транспортировки в реактор и из реактора;
* открытого хранения;
* разделения, предварительной подготовки и смешивания отходов (например, с дигестатом);
* открытых реакторов или резервуаров;
* кондиционирования дигестата;
* очистки и кондиционирования биогаза;
* последующей подготовки.

Основной газообразный выброс (метан) является целевым продуктом процесса анаэробного разложения, который используется в качестве источника возобновляемой энергии и тем самым увеличивает прибыль и снижает выбросы парниковых газов.

Однако из-за клапанов сброса давления, плохо герметизированных уловителей воды или отвода конденсата, а также из-за оттока метана из хранилища биогаза могут возникать неконтролируемые выбросы биогаза. Это может привести к ряду факторов риска, включая риск пожара или взрыва, а также токсичность от загрязняющих газов, таких как H2S. H2S, азотные соединения и меркаптаны, присутствующие в биогазе, также могут иметь сильный запах.

Большая часть измерений связана с выбросами от сжигания биогаза (SOX, NOX, CO).

Наиболее часто контролируемыми параметрами для выбросов на биологических этапах процесса (т.е. без учета сжигания биогаза), являются NH3 и НМЛОС.

***Сброс в водные объекты и водопотребление***

Хотя анаэробные системы можно эксплуатировать поэтапно для снижения общего ХПК в сточных водах, они обычно используются для эффективного производства метана, и поэтому жидкие стоки обычно более концентрированы, чем стоки из аэробных систем. Сточные воды могут быть собраны и использованы в процессе анаэробного разложения или на установках компостирования.

Контролируемыми параметрами являются в основном pH, взвешенные вещества, ХПК, общий азот и БПК5.

**7.3 Механико-биологическая подготовка**

Механическо-биологическая подготовка (МБП) обычно предназначена для извлечения материалов для достижения одной или нескольких целей и стабилизации органической фракции остаточных отходов. Практические преимущества предприятий МБП:

- восстановление материалов;

- сокращение объемов отходов;

- снижение содержания органических веществ в отходах, которые отправляются на захоронение или сжигание.

Предприятия MБП значительно уменьшают влажность, извлекая, уменьшая, восстанавливая и стабилизируя органическое содержание в отходах. Эти методы подготовки включают механическое разделение отходов, биологическую подготовку (анаэробную и/или аэробную) органической фракции и дополнительное механическое разделение при его необходимости.

Биологические этапы механической подготовки биологических остаточных отходов в основном идентичны тем, которые используются в компостировании и анаэробном разложении раздельно собранных органических отходов. Тем не менее, МБП предъявляет определенные требования в отношении механизмов механической подготовки и частично биологической подготовки из-за своего более широкого спектра поступающих отходов и более разнородного сырья. MБП также требует больших механических усилий для извлечения значительного количества материала, который не поддается биологической подготовке, например, крупноразмерной фракции, обладающей высокой теплотворной способностью, а также черных и цветных металлов. Где это возможно, крупноразмерная фракция подвергается дополнительному разделению. Остаточные отходы также обычно имеют гораздо более высокий риск обнаружения загрязнения и значительно более высокие концентрации загрязнителей, чем отдельно собираемые органические отходы.

На предприятии МБП принимаются многие виды отходов. Материалы, разрушающиеся и разлагающиеся на биологической стадии, включают бумагу и картон, растительные/пищевые органические вещества и органическое содержимое, содержащееся в упаковке, текстиле, некоторых видах осадка сточных вод и т.д.

Содержание влаги в отходах изменчиво, но ожидается, что влажность поступающих отходов будет не менее 40 – 50 %.

Образующийся поток от установок MБП значительно уменьшается по массе, и при соответствующей стабилизации выбросы в атмосферный воздух (например, метана) при захоронении на полигоне по сравнению с поступающим материалом могут быть уменьшены примерно на 90–98 %. Эти цифры непостоянны и в значительной степени зависят от того, как рассчитывается сокращение выбросов (например, образование газа и респирационная активность), и от уровня разложения/стабилизации образующегося потока (определяемого, например, потреблением кислорода, общим содержанием органического углерода (TOC), потенциалом образования газа). Качество образующегося потока, как правило, неприемлемо для широкого применения из-за загрязнений, связанных как с инертным содержимым (стекло, пластик и т.д.), так и с содержанием тяжелых металлов, возникающих из других отходов, поступающих в поток (батареи и т.д.). Другими образующимися потоками являются горючие фракции и подготавливаемые материалы (например, металлы, пластик). В таблице 8 приводится обзор образующегося потока от процессов МБП в зависимости от конфигурации процесса.

**Таблица 8 – Обзор образующихся потоков от различных конфигураций процесса МБП**

|  |  |
| --- | --- |
| Конфигурация процесса | Образующийся поток |
| 1 | 2 |
| Аэробная биосушка | Подготавливаемые материалы (различаются в зависимости от конфигурации, но обычно черные и цветные металлы, пластмассы) |
| RDF-топливо или твердое топливо из отходов |
| Неорганические мелкие частицы и инертные вещества |
| Аэробная биостабилизация | Подготавливаемые материалы (различаются в зависимости от конфигурации, но обычно черные и цветные металлы, пластмассы) |
| Пластмассы и другие неорганические остатки, не пригодные для стабилизации и производства отделенной и подготовленной органической фракции |
| Отделенные и подготовленные органические фракции или стабилизированные отходы |
| Неорганические мелкие частицы и инертные вещества |

**Окончание таблицы 8**

|  |  |
| --- | --- |
| 1 | 2 |
| Аэробная биостабилизация с образованием RDF-топлива | Подготавливаемые материалы (различаются в зависимости от конфигурации, но обычно черные и цветные металлы, пластмассы) |
| Неорганические вещества |
| Биостабилизированные отходы, пригодные для производства RDF-топлива или захоронения |
| Неорганические мелкие частицы и инертные вещества |
| Анаэробное разложение | Биогаз |
| Дигестат с возможным использованием в качестве добавки к RDF-топливу, обладающей низкой теплотворной способностью, или добавки для восстановления свалок |
| Подготавливаемые материалы (различаются в зависимости от конфигурации, но обычно черные и цветные металлы, пластмассы) |
| Пластмассы и другие неорганические остатки, не пригодные для анаэробного разложения |
| Неорганические мелкие частицы и инертные вещества |

Установки MБП универсальны и могут быть построены на модульной основе. Например, механическая подготовка может проводиться до или после биологической подготовки.

*Биологическая подготовка*

Методами биологической подготовки, которые используются в установке МБП, являются или аэробная (см. раздел 7.1) или анаэробная подготовка (см. раздел 7.2).

*Механическая подготовка* (см. также раздел 6)

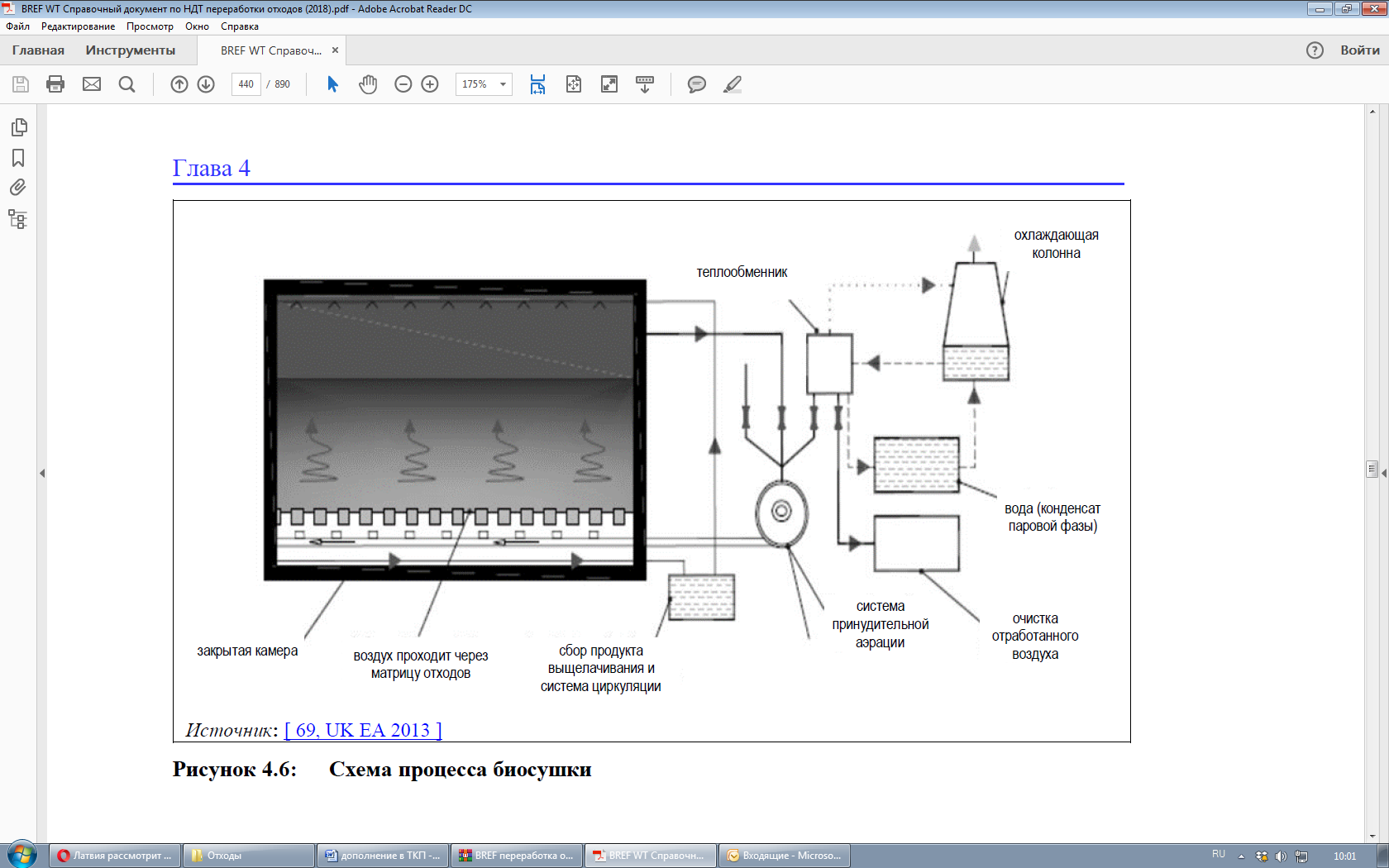
Этап механической подготовки включает разделение и кондиционирование отходов. Процесс может включать в себя:

* открытие мешков для отходов (при необходимости) (например, шредеры);
* извлечение нежелательных компонентов, которые могут препятствовать последующей подготовке (например, сепараторы металла);
* оптимизация размера частиц (например, при помощи сита или шредеров);
* разделение разлагаемых отходов в нижних потоках первичного просеивания, чтобы их можно было отправлять в процесс биологической подготовки (например, через сита);
* разделение отходов, обладающих высокой теплотворной способностью, таких как текстиль, бумага и пластмассы, в потоках первичного просеивания, чтобы их можно было отправлять для использования в производстве топлива; а также разделение отходов, пригодных для дальнейшего извлечения материала (например, путем воздушной сепарации);
* гомогенизация отходов, предназначенных для биологической подготовки.

Помимо этих процессов, установка может включать оборудование для восстановления металлов и извлечения минеральных фракций.

*Биосушка*

Типичный реактор биосушки включает в себя ряд обособленных закрытых контейнеров, соединенных с системой аэрации или большим помещением биосушки, где партии отходов постепенно перемещаются с помощью крана с механической нагрузкой. Для каждого из используемых контейнеров необходима система аэрации и управления выбросами для достижения оптимальных условий сушки и снижения вероятности выбросов.



**Рисунок 8 – Схема процесса биосушки**

Процесс биосушки использует тепло, выделяемое при аэробном разложении легкоразлагающегося органического материала, для удаления влаги из органических отходов в сочетании с избыточной аэрацией. В результате удаления влаги из отходов можно получить RDF-топливо.

Потерю влаги можно контролировать с помощью скорости воздушного потока, которая должна совпадать с температурными профилями. Испарение воды из органических отходов увеличивается при увеличении скорости воздушного потока, что приводит к значительной потере энергии в виде тепла от массы отходов.

Процесс сушки также может быть ускорен путем введения дополнительного тепла от горелок или отработанного тепла от выхлопов газовых двигателей, где установки анаэробного разложения являются комбинированным вариантом подготовки.

Очистка газа и воздуха, отводимого из технологических зон, требует особого внимания, так как воздушный поток кислотный и обычно горячий.

*Обработка в автоклаве*

Стерилизация отходов в автоклаве используется в качестве первого этапа смешанной подготовки твердых коммунальных отходов перед их механическим разделением. Этот процесс повышает эффективность механического разделения отходов. Благодаря обезвоживанию органическая разлагаемая фракция может быть полностью отделена от неорганических фракций (вторичные материальные ресурсы, такие как пластмасса, стекло и металлы, а также минералы, керамика и т.д.). Затем следует механическое разделение отходов, в которых выделяются разные фракции.

Процесс обработки в автоклаве осуществляется при давлении 2 – 5 бар и температуре 120 – 150 ºC.

Механическо-биологическая подготовка представляет собой метод предварительной подготовки отходов для восстановления, подготовки твердых отходов (обычно твердых коммунальных отходов) для использования в качестве топлива или перед захоронением на полигоне.

**7.3.1 Уровни воздействия на окружающую среду и потребления природных ресурсов**

Организация отбора проб и проведения измерений в области охраны окружающей среды, а также их периодичность определяется в соответствии с [3].

***Выбросы в атмосферный воздух***

Выбросы загрязняющих в атмосферный воздух из установок МБП зависят от:

* отходов (вид, состав);
* методов подготовки (аэробное, анаэробное разложение);
* процессов (вид аэрации);
* оперативного управления;
* метеорологических (погодных) условий в случае открытых реакторов.

В дополнение при доставке и во время механической подготовки, выбросы от установки в основном происходят из следующих источников:

* аэробное разложение;
* анаэробное разложение;
* очистка отработанного воздуха/отработанных газов.

Наиболее часто измеряемыми параметрами являются NH3, дурнопахнущие вещества, твердые частицы, H2S и органические соединения из установок, оснащенных в основном скрубберной системой и биофильтром. Снижение выбросов твердых частиц иногда осуществляется с помощью рукавного фильтра.

***Сброс в водные объекты и водопотребление***

Наиболее часто измеряемыми параметрами являются pH, ХПК, БПК5, NH3-N и некоторые металлы, такие как Cd, Pb, Cr, Ni и Zn.

Установки MБП иногда добавляют воду к компостным рядам, так как во время аэробного разложения теряется влага, что может привести к нехватке воды и остановить процесс разложения.

В процессе сушки образуется вода (350 литров – в виде пара – на 1 т отходов). Во время аэробного разложения температура достигает 50 – 60 °C. Таким образом, вода, удаленная из исходного сырья, становится водяным паром (около 90 %) и обычно выделяется в атмосферный воздух. Однако в некоторых случаях часть этой воды конденсируется. Очистка этой конденсированной воды довольно сложна. Очищенная сточная вода (пермеат) используется в качестве технологической воды в контуре охлаждения. Она испаряется в охлаждающей колонне. Водопроводная вода используется только в охлаждающей колонне в качестве подпиточной воды (10 л на 1 т отходов).

**8 Физико-химическая подготовка отходов**

**8.1 Физико-химическая подготовка твердых и/или пастообразных отходов**

В настоящем разделе подробно описаны два основных процесса: иммобилизация твердых и/или пастообразных отходов, которая включает стабилизацию и затвердевание, и физико-химическая подготовка твердых и/или пастообразных отходов перед обратной засыпкой. Промышленный шлам также можно подготавливать с использованием термической десорбции.

**8.1.1 Иммобилизация твердых и/или пастообразных отходов**

Целью иммобилизации является минимизация поступления загрязняющих веществ в окружающую среду и/или уменьшение токсичности загрязнителей для изменения или улучшения характеристик отходов для их дальнейшего захоронения.

Иммобилизация изменяет химический состав в результате некоторых химических реакций, но не снижает содержание загрязняющих веществ в отходах. Органические отходы обычно не иммобилизируются с помощью стабилизации/затвердевания, но адсорбируются твердым веществом.

Было разработано два типа процесса: стабилизация и затвердевание.

1. Стабилизация изменяет химическое состояние поступающих отходов. При полной стабилизации опасные отходы могут быть превращены в неопасные отходы посредством конкретных химических реакций, которые:

* разрушают органическое опасное содержимое;
* превращают опасные неорганические вещества в неопасные соединения (например, восстановление хрома (VI) в хром (III) или окисление цианида).

2. Затвердевание изменяет физические свойства поступающих отходов с помощью добавок. Процессы частичной стабилизации или затвердевания не изменяют опасный характер отходов, и поэтому классификация отходов по параметрам загрязнителей не изменяется.

К поступающему потоку относят некоторыетвердые и/или пастообразные отходы, подготовленные физико-химическими методами:

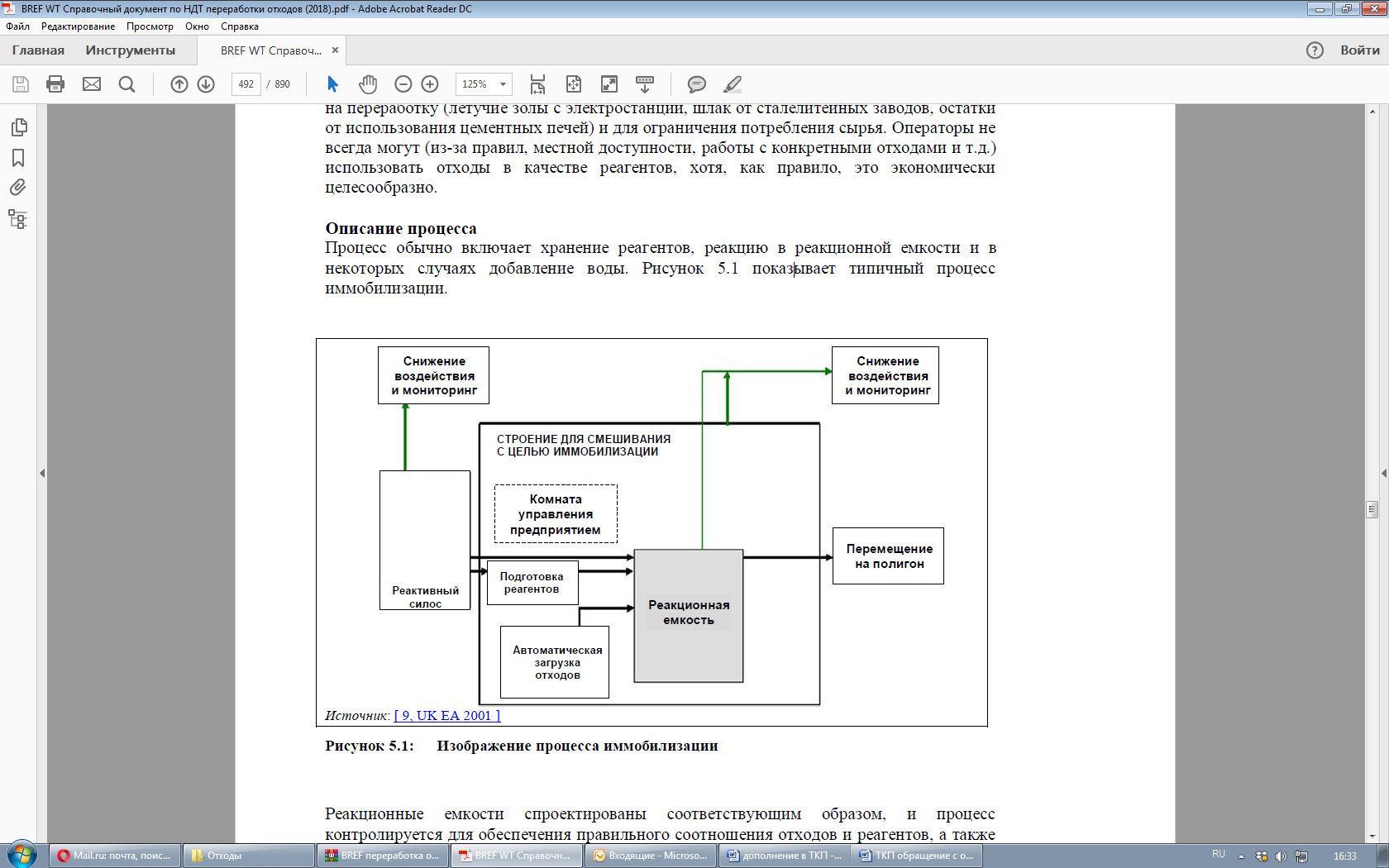
* остатки летучей золы и дымовых газов;
* промышленный шлам; шлам химической промышленности, который может содержать сульфаты и органические соли;
* минеральные остатки от химической подготовки;
* остатки с высоким содержанием мышьяка в химической, металлургической или горнодобывающей промышленности;
* загрязненный вынутый грунт;
* загрязненная почва.

Иммобилизация наиболее эффективна при подготовке неорганических отходов, где растворимость уже низкая. Отходы, содержащие хроматы и переходные металлы, такие как свинец и цинк, а также отходы с некоторым содержанием растворимых солей, могут нуждаться в предварительной подготовке перед иммобилизацией. Некоторые отходы, не пригодные для иммобилизации, включают:

* горючие и легковоспламеняющиеся отходы (например, растворители с низкой температурой вспышки);
* отходы, содержащие летучие вещества;
* окислители;
* отходы, содержащие легкорастворимые органические отходы, и отходы с высоким ХПК;
* отходы, содержащие молибден;
* отходы, содержащие растворимые неорганические соли;
* твердые цианиды;
* хелатирующие агенты;
* отходы, реагирующие с водой.

Образующиеся отходы от стабилизации/затвердевания не считаются стабильными на длительный период времени, поскольку определенные вещества со временем могут покидать отходы (например, вследствие вымывания). Например, возможное увеличение pH и основности смеси в результате такой подготовки может привести к увеличению вымывания переходных металлов (например, свинца, кадмия при pH выше 12,5) и чувствительных к pH составляющих, таких как мышьяк, а также некоторых органических компонентов.

Процесс обычно включает хранение реагентов, реакцию в реакционной емкости и в некоторых случаях добавление воды.



**Рисунок 9 – Процесс иммобилизации**

Реакционные емкости спроектированы соответствующим образом, и процесс контролируется для обеспечения правильного соотношения отходов и реагентов, а также достаточного времени перемешивания и пребывания.

Подготовка путем иммобилизации (как стабилизация, так и затвердевание) применяется, например, к подготовке:

- отходов от других процессов подготовки (например, зола от термической подготовки, остатки от методов очистки на выходе из трубы);

- извлеченной загрязненной почвы.

*Стабилизация*

Загрязняющие вещества (например, тяжелые металлы) полностью или частично связываются путем добавления вспомогательных средств, связывающих веществ или других модификаторов.

Процесс стабилизации дополняется смешиванием отходов с реагентом (в зависимости от вида отходов и планируемой реакции это могут быть, например, частицы глины; гуминовые органические вещества, такие как торф, активированный уголь; окислители; восстановители; осаждающие вещества) для минимизации уровня миграции загрязняющих веществ из отходов, таким образом уменьшая токсичность отходов и улучшая их свойства для захоронения на полигоне. Для достижения этого процесс должен включать физико-химическое взаимодействие реагента с отходами.

Физическими механизмами, использующимися в стабилизации, являются макроинкапсуляция, микроинкапсуляция, абсорбция, адсорбция, осаждение и детоксикация. Для данных целей существует широкий ряд сорбентов и связывающих веществ. Некоторыми широко распространенными являются цемент, кремнистый туф (алюмо-кремнистый материал, реагирующий с известью и водой), известь, растворимые силикаты, органически модифицированные глины или извести, термореактивные органические полимеры, термопластичные материалы и витрификация (на месте или на объекте).

Стабилизация также может осуществляться с использованием фосфата или извести в качестве стабилизирующего агента.

Некоторые из методов стабилизации имеют начальную стадию промывки, где большая часть растворимых солей и, в некоторой степени, металлов извлекаются до химического связывания оставшихся металлов. Эти методы завершаются обезвоживанием стабилизированного продукта, который затем будет готов к захоронению.

* Стабилизация фосфатами представляет собой химическую стабилизацию с использованием фосфата в качестве стабилизирующего агента. Реакция является быстрой, и материал считается полностью подготовленным без дальнейшего затвердевания. Иногда добавление фосфата применяется вместе с карбонизацией, чтобы связать некоторые металлы в отходах (например, свинец).

В результате процесса в образующихся потоках отходов сохраняются соли. По сравнению с другими подобными процессами вместе с фосфатом добавляется небольшое количество воды, и сточные воды не образуются.

Процесс подготовки состоит из:

* перемешивающего устройства (такое как лопастная мешалка), в которое поступающие отходы подаются с контролируемой скоростью и смешиваются с запатентованной формой растворимого фосфата;
* конвейера на конце перемешивающего устройства, который удаляет подготовленный продукт.
* Стабилизация известью используется для стабилизации широкого спектра шламов и отходов. Она включает в себя:
* нейтрализацию кислых неорганических осадков;
* стабилизацию и гигиенизацию осадков сточных вод и биологических отходов.

Известь состоит из кальция (и магния в случае доломитовой извести), придающего ей флокулирующие свойства; гидроксильные ионы обеспечивают основность. Эти свойства используются для подготовки неорганического и органического шлама. Гидратация негашеной извести способствует уменьшению первоначального содержания воды в шламе и стимулирует экзотермическую реакцию, которая оказывает дезинфицирующее действие на шлам и предотвращает образование дурнопахнущих веществ.

Известь используется в двух основных процессах:

- Предварительная обработка известью перед дальнейшими этапами подготовки, при которой известь используется в виде известкового молока (жидкая дисперсия частиц Ca(OH)2 в воде).

- Дообработка известью, в основном используется негашеная известь (с CaO в качестве основного компонента).

*Затвердевание*

Затвердевание изменяет физические свойства отходов путем использования добавок.

Например, цементирование, основанное на смешивании отходов с цементом, представляет собой химический процесс, направленный на развитие связей между отходами и скрепляющим веществом. Другой широко используемый метод включает затвердевание отходов летучей золы, например, с помощью нейтрального водного раствора, чтобы на выходе получить гранулированное вещество перед захоронением.

Затвердевший продукт может подвергаться захоронению под землей или отправляться в наземные хранилища. В некоторых странах он может применяться в качестве материала для обратной засыпки или строительства.

**8.1.2 Физико-химическая подготовка твердых и/или пастообразных отходов перед обратной засыпкой**

Физико-химическая подготовка включает смешивание отходов с жидкими растворами и, если необходимо, дополнительными связующими веществами. Некоторые отходы подготавливают сухим способом с использованием процессов для уплотнения (например, вибрации).

Процесс происходит в основном над землей; в особых случаях материал обратной засыпки образуется под землей.

Поступающие отходы в основном представляют собой остатки летучей золы и дымовых газов от установок для сжигания, а также небольшое количество тонкоизмельченных или измельченных отходов.

На выходе получается материал с соответствующими структурными и физическими характеристиками для засыпки.

**8.1.3 Уровни воздействия на окружающую среду и потребления природных ресурсов**

***Выбросы в атмосферный воздух***

Выбросы в атмосферный воздух при физико-химической подготовке твердых и/или пастообразных отходов представлены SOX, NOX, H2S, NH3, ЛОС, Cd, Hg, Sb, As, ПХДД/Ф и прочие.

***Сброс в водные объекты и водопотребление***

Среднее потребление воды на 1 т отходов составляет около 410 л/т с диапазоном от 6 до 1800 л/т. Верхний предел диапазона зарегистрирован на предприятиях с этапами промывки и/или очистки, которые являются основным видом использования воды; в большинстве случаев вода используется повторно.

**8.2 Повторная очистка отработанных масел**

Существует два варианта подготовки отработанных масел.

1. Восстановление отработанных масел для производства топлива или восстановителя. Процесс включает в себя такие виды подготовки, как термический крекинг и газификация, а также более простые виды подготовки.

2. Подготовка отработанных масел для повторного преобразования их в компонент, который может использоваться в качестве базовых масел для смазочных материалов. В настоящем документе данный способ упоминается как «повторная очистка». В этом разделе подробно рассматриваются различные методы подготовки, которые фактически применяются для отходов нефтепродуктов для очистки и повторной очистки.

Процессы начинаются с предварительной подготовки и очистки, которые включают удаление примесей, дефектов и любых оставшихся продуктов от прежнего использования отработанного масла.

Обычно данный тип процесса включает два этапа, но впоследствии к очищенному отработанному маслу могут добавлять вещества для достижения технических характеристик чистого продукта.

Повторная очистка включает в себя дополнительные этапы фракционирования и завершения, где используются методы и типовые операции, сходные с таковыми для нефтезаводов и предприятий химической обработки.

Повторная очистка может отличаться в зависимости от технологии, используемой для одной или нескольких из следующих операций:

* Предварительная обработка

Вода и осадки удаляются из отработанных масел путем простой физической/механической подготовки. В некоторых случаях используется отстаивание для удаления воды и шлама из отработанных масел и в системах по очистке стоков для удаления из стока масла и твердых частиц. Обычно отстаивание осуществляется под воздействием гравитации в отстойниках, осветлителях или дисковых сепараторах, но также могут использоваться центрифуги или дистилляторы.

* Очистка

Процесс очистки состоит из деасфальтизации и удаления тяжелых металлов, полимеров, добавок и других элементов.

Дистилляция, экстракция растворителем и добавление кислот являются самыми типичными способами для достижения вышеперечисленных результатов.

Очистка кислотами: добавки, полимеры, продукты окисления и деградации удаляются при контакте с серной кислотой или осаждаются в виду сульфатов (например, металлы). Осветленные отработанные масла также смешиваются с глиной для удаления любого полярного и нежелательного соединения путем абсорбции.

* Фракционирование отработанных масел

Процесс состоит из разделения базовых масел по их температурам кипения для производства двух или трех фракций.

Устройства для вакуумной дистилляции могут варьироваться по сложности от простой разделительной колонны до полной фракционной дистилляционной колонны, которые используются на объектах по подготовке минеральных масел.

* Заключительная подготовка отходов нефтепродуктов

Заключительная подготовка различных фракций проводится для достижения специфических технических условий продукта (например, улучшения цвета, запаха, термостабильности и устойчивости к окислению, вязкости). Она может также включать удаление полициклических ароматических углеводородов в случае жесткой гидроочистки (высокая температура и высокое давление) или экстракции растворителями (низкая температура и низкое давление).

***Поступающие и образующиеся потоки***

Отработанные масла

Каждый нефтепродукт имеет свои собственные технические условия, обычно основанные на углеводородах, возникающих в специфическом диапазоне температур кипения при дистилляции сырой нефти. Масла, которые должны быть стабильны при высоких температурах, не содержат большего количества углеводородов с низкой точкой кипения, в то время как, нефтепродукты, используемые в качестве топлива, с большей вероятностью содержат данные смеси углеводородов с низкой точкой кипения.

Большинство базовых масел, образованных на предприятиях по производству минеральных масел, смешиваются с рядом присадок для придания им необходимых свойств. Обычный комплекс присадок составляет 5–25 % базового масла. Однако, по крайней мере, половину комплекса присадок составляет базовое масло, использующееся в качестве растворителя. Гидравлические масла содержат очень мало присадок.

Во время использования состав масла меняется по причине разложения присадок, образования дополнительных продуктов горения и несгоревшего топлива, добавления металлов из-за износа двигателя и по причине распада самого базового масла. На крупных объектах по подготовке признают, что образуются разные виды отработанного масла, и поэтому подвергают поступающие отходы сканированию на температуру вспышки и содержание металла и хлора, в то время как на небольших установках просто принимают отработанное масло. В промышленности ожидаются высокие уровни содержания металла и загрязнение горючими растворителями, дающее измеряемую температуру вспышки.

Отработанные технические масла

В промышленности используется множество масел, включая растворимые масла и некоторые галогенсодержащие масла, хотя они становятся все менее распространенными. Масло используется в качестве гидравлического масла, смазочного вещества, теплоносителя, среды для электрических процессов, а также в качестве смазочно-охлаждающей жидкости.

Электроизоляционные масла являются специализированными маслами, которые подвергаются промывочному процессу, поэтому от них образуется малое число отходов. Главной проблемой данных масел является риск загрязнения ПХБ. Обычно установки по подготовке отходов проводят анализ на содержание ПХБ.

Вода из коллекторов, загрязненная нефтепродуктами

Большинство отходов из коллекторов поступает из автомобильных парков и СТО. Таким образом, разумно предполагать, что данные отходы будут схожими по составу с отработанными маслами, но будут содержать дополнительные наносы, возможно частицы от износа транспортного средства, продукты сжигания топлива, а также смолы от строительства дорог. Пролитое топливо будет также собрано в коллектор, но любой материал, способный к испарению при температуре окружающей среды, вероятнее всего испарится до сбора отходов из коллектора.

Часть сточных вод из коллекторов происходит от производственных площадок и собранных на производстве отработанных масел. Данные отходы будут иметь низкую концентрацию продуктов горения, но могут иметь большую концентрацию содержания металлов в зависимости от применения в промышленности.

Повторно очищенные отработанные масла

Отработанные масла различаются по происхождению и типу собранного масла. Эти различия отражены на уровне плотности, вязкости, индекса вязкости, уровня серы и других характеристик базовых масел, которые производятся на предприятиях по подготовке с использованием кислоты и глины. Эти параметры варьируют в меньшей степени в базовых маслах, получаемых на установках вакуумной дистилляции/гидроочистки, за исключением содержания серы. Подготовленные базовые масла от различных процессов и производственных предприятий сильно различаются по своим характеристикам.

Почти все заводы по подготовке отработанного масла проверяют содержание хлора и воды, а обычно и ПХБ. Конечное восстановленное масло анализируется, поскольку оно должно соответствовать требованиям конечного пользователя, но не все заводы по подготовке масла смешивают конечный продукт для продажи или проводят такие анализы.

**8.2.1 Уровни воздействия на окружающую среду и потребления природных ресурсов**

При оценке выбросов в результате повторной очистки отработанных масел нужно учитывать следующие аспекты:

* в отличие от новых смазочных масел отработанные масла содержат органические вещества с более короткой углеводородной цепью, поэтому существует вероятность выбросов ЛОС;
* сера и хлор известны как «проблемные» соединения, обнаруживаемые в отработанных маслах;
* ароматические соединения являются более полярными, чем алифатические молекулы, и поэтому существует большая вероятность их появления в водной фазе.

В отрасли подготовки отработанных масел существует ограниченный набор операций, и здесь, более вероятно, подойдет общий метод подсчета выбросов, если можно определить состав масла.

Сопутствующие выбросы, как правило, возникают при выработке тепла на площадке для процесса дистилляции (продукты сгорания, такие как NOX, SOX и CO).

Основным исключением являются ЛОС, так как существует вероятность их выброса в атмосферный воздух, и их количество зависит от вида масла и наличия или отсутствия его нагрева во время подготовки.

Организация отбора проб и проведения измерений в области охраны окружающей среды, а также их периодичность определяется в соответствии с [3].

***Выбросы в атмосферный воздух***

К выбросам в атмосферный воздух, контролируемых на установках, осуществляющих повторную очистку отработанного масла относятся NOX, SOX и CO, твердые частицы, HCl, ПАУ, HF, H2S, CH4, НМЛОС, ПХДД/Ф и прочие.

Что касается выбросов от самого процесса дистилляции, они в большинстве случаев очищаются путем очистки в скруббере с последующим термическим окислением или сжиганием.

***Сброс в водные объекты и водопотребление***

К загрязняющим веществам, контролируемым в сбросах в водные объекты на предприятиях по повторной очистке отработанного масла относят ХПК, рН, сульфаты, TSS, БПК5, фенолы, Zn, Cd, Pb, Cr, Cu и прочие.

Основное воздействие на окружающую среду происходит на этапе транспортировки, а также на этапах генерации пара для нагрева отработанного масла.

**8.3 Физико-химическая подготовка отходов, обладающих теплотворной способностью**

При подготовке различных видов топлива из отходов необходимо учитывать технические характеристики процессов сжигания (например, цементный завод, известняковый завод, энергостанция (твердый уголь, лигнит), специализированный вид сжигания топлива из отходов). Данные процессы сжигания имеют различные технические характеристики.

Отходы, из которых можно приготовить твердое топливо, обычно относятся к одной из следующих категорий:

* ТКО (в основном бытовые отходы);
* смешанные крупногабаритные отходы производства и другие отходы;
* сухие отходы одного вида или однородные отходы;
* фильтровые кеки, шламы и другие влажные отходы.

Подготовка влияет на физико-химические характеристики приготовленного топлива из отходов. Например, может быть проведено дробление твердого топлива из отходов до нужных размеров частиц. Другим примером является очистка для отделения примесей путем механической подготовки, и дробления.

**8.3.1 Получение твердого топлива из твердых отходов**

В зависимости от влагосодержания и физических характеристик отходов можно применить первый шаг обезвоживания, например, механическое обезвоживание, термическая сушка и биологическое разложение/сушка.

Также может потребоваться гранулирование и агломерация поступающих потоков отходов. Материал гомогенизируется путем перемешивания, а при увеличении теплоты начинает плавиться. В момент, когда материал начинает пластифицироваться, возрастает потребление энергии, что является сигналом для опорожнения реактора. После завершения процесса материал необходимо остудить.

**8.3.2 Получение твердого топлива из твердых и пастообразных отходов путем механической подготовки и пропитки**

Механическая подготовка твердого топлива из отходов, включает, например, добавление вспомогательных материалов (например, опилок, измельченной бумаги или картона, адсорбентов).

Используемыми видами отходов являются пастообразные, порошкообразные и твердые отходы, в основном опасные. Ниже приведены некоторые примеры:

- пастообразные отходы: остатки дистилляции, шлам от очистки промышленных сточных вод, маслянистые осадки, осадки от красок и лаков, типографской краски, многоатомные спирты, клеи, смолы, жиры и масла;

- порошкообразные отходы, такие как углеродная сажа, краски, отработанные катализаторы, поверхностно-активные вещества, стиральные порошки;

- твердые отходы: пластмассы или полимеры, смолы, краски, клеи, углеводородные шламы, органические отходы химической и фармацевтической промышленности, отработанная пластиковая упаковка.

Целью получения данного топлива является получение однородного, текучего топлива из отходов, которое не представляет сложностей в использовании и применяется в процессах сжигания.

**8.3.3 Подготовка жидкого топлива из отходов**

Полученное жидкое топливо из отходов имеет свойства, позволяющие ему стать текучим и двигаться, когда применяется разница давлений или силы тяжести. Некоторые из полученных составляющих могут быть довольно вязкими и поэтому их тяжело и дорого откачивать насосом, однако они все же обладают текучестью.

Несколько механических и физико-химических процессов могут быть использованы для приготовления топлива из опасных жидких отходов.

- физические процессы, включающие сочетание стадий гомогенизации, разделения фаз и смешивания/перемешивания;

- получение текучего топлива;

- получение эмульсии.

**8.3.4 Подготовка отработанных масел, не относящаяся к повторной очистке**

Теплотворная способность отработанных масел может быть использована. Отработанные масла имеют экономическое значение, когда заменяют другое топливо, главным образом уголь или дизельное топливо. Отработанные масла должны пройти несколько этапов подготовки – очистки и трансформации, перед тем как использоваться в качестве топлива.

- Умеренная и интенсивная повторная подготовка отработанных масел

Умеренная подготовка – это очистка отработанных масел для улучшения их физических свойств и использования в качестве топлива более широким кругом потребителей. Интенсивная подготовка является дополнительной стадией, где физическое разделение легких фракций происходит путем вакуумной дистилляции. Методы подготовки включают отстаивание твердых частиц и воды, химическую деминерализацию, центрифугирование и мембранную фильтрацию.

- Термический крекинг

В процессе термического крекинга используется тепло, чтобы расщеплять длинные углеводородные молекулы (например, находящиеся в отработанных маслах) на более короткие, таким образом производя более легкое жидкое топливо. Таким способом более крупные молекулы более вязких и менее ценных углеводородов конвертируются в менее вязкое и более ценное жидкое топливо. Термический крекинг является распространённым процессом очистки минерального масла.

**8.3.5 Производство биодизеля из отработанных растительных масел**

Сначала отработанные масла фильтруются, и из них удаляется вода. Затем отработанные масла разделяются путем дистилляции. Образующимся продуктом в основном является биодизельное топливо, которое используется в транспорте и при производстве глицерина.

**8.3.6 Уровни воздействия на окружающую среду и потребления природных ресурсов**

Организация отбора проб и проведения измерений в области охраны окружающей среды, а также их периодичность определяется в соответствии с [3].

***Выбросы в атмосферный воздух***

ЛОС, как правило, собираются на разных этапах процесса, таких как хранение, разгрузка и смешивание, и направляются в систему разрушения ЛОС (термическое окисление) или систему восстановления ЛОС (адсорбция активированным углем или криогенная конденсация).

***Сброс в водные объекты и водопотребление***

Средние объемы водопотребления составляют от 31 до 213 л на 1 т отходов при среднем расходе 96 л/т. Следует отметить, что вода применяется не для самого процесса, а для очистки/промывки или бытовых нужд.

**8.4 Регенерация отработанных растворителей**

Существует два основных варианта подготовки отработанных растворителей, поступивших на предприятие:

1. Использование отработанных растворителей в качестве топлива или для смешивания с другими видами топлива.

2. Превращение отработанного растворителя во вторичное сырье, которое можно повторно использовать в качестве растворителя. Такая подготовка упоминается в настоящем документе как «восстановление».

Отработанные растворители могут образовываться в следующих отраслях промышленности и продуктах:

* краски, покрытия и средства для удаления краски;
* типографские краски;
* химическая и фармацевтическая промышленность;
* кинопроизводство;
* производство синтетических волокон;
* резиновые, пластиковые и смоляные растворы;
* растворители для обезжиривания;
* растворители для химической чистки;
* сельскохозяйственная продукция;
* аэрозольные баллончики и дозаторы;
* косметическая промышленность;
* пищевая промышленность.

Существует четыре основных класса смесей растворителей, которые делают растворитель непригодным в его нынешнем состоянии, и это способствует его восстановлению. К ним относятся следующие:

* Смесь с воздухом. Обычно это происходит, когда растворитель используется для разбавления смолы и полимера путем испарения. Извлечение из воздуха может создавать проблемы, поскольку растворитель может реагировать на угольный адсорбент или плохо подвергаться восстановлению из пара, использующегося для десорбции.
* Смесь с водой. Вне зависимости от того, образуется ли она из-за процессов, связанных с растворителями, или из-за их повторного захвата, очень часто растворитель загрязняется водой. Удаление воды в большинстве случаев не представляет проблемы, но в остальных случаях оно может оказаться настолько сложным, что восстановление до приемлемой чистоты будет экономически невыгодным. Следует всегда учитывать, что вода, удаленная в ходе восстановления растворителя, вероятно, будет сброшена вместе со сточными водами, а значит, ее качество имеет значение.
* Смесь с растворенным веществом. Желаемый продукт часто удаляется из реакционной смеси путем фильтрации. В данном случае функцией растворителя является выборочное растворение примесей (непрореагировавшего сырья и продуктов побочных реакций) в низковязкой жидкой фазе с очень низкой степенью растворения продукта. В таких случаях выбор растворителя ограничен, но иногда можно обнаружить значительные улучшения в химической стабильности растворителя при перемещении вверх или вниз по гомологическим рядам без ущерба для селективности системы растворителей. Более понятный источник загрязнения растворенными веществами – чистка предприятия, при которой наиболее важна растворяющая способность каждого загрязняющего вещества, но имеет значение и смешиваемость с водой, чтобы мойка и сушка могли происходить в одной операции.
* Смесь с другими растворителями. В мультистадийном процессе, например, в производстве чистых химических веществ и в фармацевтической отрасли, могут добавляться растворенные в растворителях реагенты, а также растворители, которые важны для выхода или даже для самого существования желаемой реакции.

Восстановление растворителей – обычная практика во многих промышленных отраслях, в настоящее время восстанавливается широкий спектр растворителей: галогенированные растворители, негалогенированные растворители, углеводороды, спирты, гликоли (антифриз), органические кислоты (уксусная кислота), чистящие средства, автомобильные тормозные жидкости и хладагенты.

Желаемым продуктом восстановления растворителя является тот, который можно использовать вместо покупаемого нового растворителя, при этом восстановленный растворитель не обязательно должен соответствовать тем же параметрам, что и исходный материал. Параметры для нового растворителя, как правило, устанавливаются членами комитета (пользователи и производители), которые знают, какие потенциальные примеси содержатся в полученном продукте.

Процесс восстановления растворителя включает дистилляцию (периодическую, непрерывную или с использованием пара и т.д.), при которой легко достигаются высокие степени восстановления. В конечном счете именно поступающий отработанный растворитель и требуемые параметры чистоты образующегося восстановленного растворителя определяют технологию для повторного использования. Однако для некоторых процессов повторного использования может быть достаточно более простых методов, включающих фильтрацию, центрифугирование или очистку.

Дистилляция

Дистилляция – самый важный промышленный метод разделения фаз. Дистилляция включает в себя частичное испарение жидкой фазы с последующей конденсацией пара. Она разделяет исходную смесь (сырье) на две фракции с различным составом, а именно конденсированный пар (конденсат или дистиллят), который обогащен летучими компонентами, и оставшуюся жидкую фазу (кубовый остаток), которая не содержит летучих веществ.

Более сложные процессы разделения

Простые процессы дистилляции могут быть непригодными для сырья, содержащего компоненты с аналогичными температурами кипения. Более высокая эффективность может быть достигнута путем увеличения площади контактной поверхности или создания контакта жидкой и паровой фаз.

Там, где простой дистилляции недостаточно для извлечения требуемого растворителя из потока отходов, методы извлечения растворителем (обычно с использованием растворителя противоположной полярности) являются наиболее важными используемыми процессами разделения системы «жидкость-жидкость».

Чтобы извлечь вещество, необходимо добавить экстракционную добавку для образования второго жидкофазного раствора. Обычно требуемое вещество затем отделяют от вспомогательного растворителя дистилляцией и отработанный растворитель используют повторно.

Первапорация

Технология разделения смесей жидкостей путем частичного испарения через непористую или пористую мембрану, которая действует как селективный барьер между жидкой и паровой фазой. Этот метод предусматривает двухстадийный процесс: проникновение жидкости через мембрану, а затем ее испарение в паровую фазу. Как правило, входная сторона мембраны находится под давлением окружающей среды, а сторона выхода находится под вакуумом, чтобы обеспечить испарение конкретного компонента после его прохождения через мембрану.

Другие методы разделения

Там, где поток отходов требует отделения твердых частиц, основными методами разделения являются центрифугирование, фильтрация, осаждение/отстаивание и выпаривание/сушка. Определенные технологии, такие как пленочное испарение, используются для отработанных растворителей с более высоким уровнем загрязнения твердыми частицами.

Разделение адсорбцией также можно использовать для разделения компонентов, например, адсорбция воды на молекулярном сите.

**8.4.1 Уровни воздействия на окружающую среду и потребления природных ресурсов**

Организация отбора проб и проведения измерений в области охраны окружающей среды, а также их периодичность определяется в соответствии с [3].

Основной проблемой в отрасли по восстановлению растворителей являются летучие органические выбросы, которые образуются в результате восстановления отработанных растворителей.

К источникам выбросов относятся вытяжные отверстия в резервуарах для хранения и конденсаторах, выводные трубы установок для сжигания, а также неконтролируемые утечки. Выбросы ЛОС в результате утечек оборудования, открытых источников растворителей (например, отводы шлама или хранение материала после дистилляции и мероприятий по начальной подготовке), погрузке растворителей, а также проливов растворителей считаются неконтролируемыми.

Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух могут происходить от ряда источников, включая неконденсирующийся пар от дистилляции/фракционирования, а также потери при испарении («дыхании») из резервуаров для хранения и местной вытяжной вентиляции (МВВ) в зонах погрузочно-разгрузочных работ и затаривания в бочки. Концентрация и виды выделяемых соединений могут значительно варьироваться. Поток от ректификационных колонн, работающих в стационарном режиме под давлением, обычно очень низкий (1 – 10 м3/ч). Однако при объединении потоки выбросов могут достигать 500 м3/ч.

В таблице 9 приводится обзор процессов, используемых на предприятиях, которые осуществляют восстановление отработанных растворителей.

**Таблица 9 – Процессы, применяемые для восстановления отработанных растворителей**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Описание поступающего потока отходов | Процесс | Описание образующегося потока отходов |
| 1 | 2 | 3 |
| Отработанные растворители от фармацевтической, химической и лакокрасочной промышленности; первичный растворитель для очистки до более высокого качества | Атмосферная и другие виды дистилляции | Растворитель для повторного использования, остатки дистилляции, вода из отработанного растворителя/ очистки или дождевая вода с предприятия |
| Различные виды органических растворителей | Вакуумная и фракционная дистилляция | Чистый восстановленный растворитель без каких-либо примесей, остатки из дистилляционной колонны, загрязненная упаковка и не подлежащие восстановлению отработанные растворители |
| Отходы от химической и лакокрасочной промышленности | Атмосферная дистилляция, разделение по плотности и вакуумная дистилляция | Стабилизированные остатки, восстановленные опасные растворители |
| Отходы от отделения масла | Атмосферная дистилляция, азеотропная дистилляция, разделение по плотности, фракционная дистилляция, простая дистилляция, адсорбция, вакуумная дистилляция, извлечение растворителем | Очищенная вода, восстановленный растворитель, остатки, сухое вещество, остатки от очистки сточных вод, смесь пластмасс |
| Отработанные растворители от разных отраслей промышленности | Простая дистилляция, разделение по плотности, фракционная дистилляция, вакуумная дистилляция, азеотропная дистилляция, центрифугирование | Восстановленные растворители, подлежащие сжиганию смеси из воды и растворителей, подлежащие сжиганию остатки от дистилляции |
| Растворители | Фракционная дистилляция, атмосферная дистилляция, вакуумная дистилляция | Растворители (продукт, без кода отходов), остатки дистилляции, упаковка |
| Органические растворители | Вакуумная дистилляция | Растворители (продукт, без кода отходов), остатки дистилляции, упаковка (бочки объемом 200 литров) |
| Химические отходы, кроме кислот или оснований | Вакуумная дистилляция | В основном органические растворители |

**Окончание таблицы 9**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 |
| Органические отходы от химических процессов; смесь растворителей; составление, производство, распространение и использование лакокрасочных материалов; составление, производство, распространение и использование клеев, герметиков и смол; жидкие растворы от химических реакций; ионообменные смолы; разработка состава, производство, распространение и использование типографских красок; смешанный органический и неорганический химический продукт; абсорбенты, фильтрующие материалы, обтирочный материал и грязная защитная одежда; жидкие моющие растворы; грязная упаковка; шлам и другие отходы от процессов фильтрации, дистилляции и очистки | Простая дистилляция, вакуумная дистилляция | Отходы дистилляции, другие отходы |
| Органические растворители | Фракционная дистилляция | Чистые растворители либо возвращаются отправителю, либо продаются сторонним покупателям; сточная технологическая вода с растворенными органическими  веществами, другая продукция, используемая в качестве вспомогательного топлива или сжигаемая |

Основными отходами от восстановления растворителя являются остатки дистилляции. Количество этих остатков полностью зависит от состава потока отходов и может изменяться от нуля до значительных процентных содержаний.

**8.5 Регенерация/восстановление компонентов очистных систем/остатков очистки дымовых газов (ОДГ)**

**8.5.1 Регенерация отработанного активированного угля**

Термическая подготовка – главный процесс, используемый для регенерации. Во время процесса осуществляется сушка, термодесорбция и нагревание.

Адсорбционные системы с активированным углем могут использоваться в самых разных областях и содержать смесь адсорбированных загрязняющих веществ. Загрязнения, найденные в отработанном активированном угле, обычно следующие:

* хлор
* органические соединения (отраженные в параметре сброса ХПК/БПК), например, пестициды; органические вещества, придающие запах, вкус или цвет (то есть гуминовые кислоты); общие органические вещества, такие как фенол;
* металлы, такие как железо, алюминий, кадмий и ртуть;
* неорганические элементы, такие как кальций и фосфор;
* красители (причина цвета);
* моющие средства;
* взрывчатые вещества (только в материале, полученном при производстве взрывчатых веществ).

Восстановление обычно проводится термически и состоит из следующих операций:

*-* Приемка, погрузочно-разгрузочные работы и обезвоживание

Использованный активированный уголь обычно принимается на объект в виде высушенного твердого вещества в емкостях. На участке регенерации добавляется вода для того, чтобы превратить уголь в жидкую массу, которая затем подается в резервуар, где обезвоживается и загружается в печь для регенерации.

- Термическая регенерация

После отделения от воды влажный уголь подается в печь для восстановления. Во время термической регенерации, сушки, термодесорбции (а именно удаления органических химикатов) и нагрева до высоких температур (от 650 °C до 1000 °C) проводится тепловая обработка в слегка окисляющей контролируемой среде.

К используемым типам оборудования относятся многоподовые печи, вращающаяся печь с прямым нагревом и вращающаяся (ротационная) печь с непрямым нагревом. Также используются печи кипящего слоя и печи с инфракрасным излучением.

- Другие способы

К другим доступным способам относятся паровая, химическая и биологическая регенерация. Паровая регенерация является не деструктивным методом и в основном используется в случаях, когда отработанный активированный уголь содержит легколетучие соединения. Пар/ЛОС подвергаются конденсации. Химическая регенерация также относится к не деструктивным методам, в ней используется множество газообразных или жидких десорбентов. Существует множество доступных регенерирующих соединений, многие из которых высоко специфичны для индивидуального применения.

Данные технологии применяются при термической регенерации активированного угля, особенно на объектах, восстанавливающих промышленный уголь или уголь для питьевой воды и пищи.

**8.5.2 Регенерация ионообменных смол**

Термическая регенерация может сопровождаться использованием горячей воды или пара.

Поступающие потоки соответствуют использованным смолам, образующиеся потоки – регенерированные смолы.

Большая часть смол используется для очистки воды (то есть для ее смягчения). Также смолы применяются в химической подготовке, экстракционной металлургии, в пищевой и фармацевтической промышленности.

Действующие ионообменные смолы могут концентрировать токсичные ионы, такие как хромат и цианид, или тяжелые металлы. Из-за применения с водой они могут также содержать пестициды, хлор, фенолы и неорганические элементы, такие как кальций, натрий, марганец и фосфор.

Выбросы в результате процессов такого характера незначительны и осуществляются в основном в воду.

*Паровая регенерация*

Паровая регенерация возможна, только если температурный диапазон смол совпадает с температурным диапазоном пара. Например, полимерные адсорбенты на стирольной основе обычно стабильны до 200 °C, в то время как смолы на акриловой основе – только до 150 °C. Адсорбированный растворитель и другие органические компоненты могут приводить к разбуханию и ослаблению матрицы смол. Таким образом, важно, чтобы удаление данных компонентов не послужило причиной разрушения и распада матрицы смол.

*Регенерация горячей водой*

Регенерация горячей водой применима только для термостойких смол.

Регенерация горячей водой увеличивает скорость регенерации смолы. Использование горячей воды для регенерации смол потенциально обеспечивает уменьшение объема сточных вод и требует меньшего количества энергии, особенно когда рекуперация тепла используется для восстановления жидкости.

*Химическая регенерация с использованием регенерирующих растворов*

Регенерирующий раствор наносят на отработанную смолу, чтобы вернуть ее в первоначальную ионообменную форму (слабую/сильную, анионную/катионную). Регенерирующий раствор представляет собой концентрированный раствор, способный изменить равновесие ионного обмена по принципу действия массы. Тип используемого регенерирующего раствора зависит от типа ионообменной смолы: кислотные растворы (например, соляная или серная кислоты и их соли) для катионо-, и щелочные/базовые (например, каустическая сода) – для анионообменных смол. Сточные воды регенерирующего раствора необходимо нейтрализовать.

Метод регенерации ионообменных смол может применяться для опреснения воды с солями для использования более чистой производственной воды. Метод не применяется при деионизации воды.

**8.5.3 Регенерация отработанных катализаторов**

Некоторые отработанные катализаторы и отходы очистных систем подвергаются захоронению, но некоторые катализаторы, используемые в очистке от загрязнений (например, от NOX), могут подвергаться регенерации.

Катализаторы из нефтеперерабатывающей промышленности, например, используемые в гидроочистке, гидрокрекинге, реформинге и изомеризации, обычно подвергаются регенерации. Катализаторы из благородных металлов также регенерируются.

Отработанными катализаторами, которые могут быть регенерированы не на месте образования, являются:

- металлические катализаторы;

- катализаторы с благородными металлами;

- катализаторы с базовыми металлами;

- цеолиты.

Термическая регенерация осуществляется в специально спроектированном оборудовании, а также в стандартном оборудовании, например, в подвижной ленточной обжиговой печи или вращающейся обжиговой печи.

После сжигания кокса катализатор, содержащий платину, может быть регенерирован путем хлорирования при повышенной температуре. Обработка хлором приводит к повторному диспергированию платины путем преобразования ее в летучий хлорид платины, который затем проходит газовую фазу и отлагается на пористых стенках, где обрабатывается H2 и восстанавливается. В результате повышается дисперсия платины и катализатор реактивируется.

**8.5.4 Подготовка ОДГ**

*Подготовка остаточных соединений натрия из твердых остатков ОДГ*

Данная технология осуществляет разделение растворимых и нерастворимых частей отходов ОДГ, затвердевание нерастворимой части и очистку растворимой части (состоящей из неорганических солей) с повторным использованием в некоторых отраслях промышленности.

Процесс направлен на подготовку водорастворимой фракции остатков ОДГ на основе натрия для получения очищенного раствора путем растворения солей и очистки получаемого раствора, отделения нерастворимых веществ, добавления специальных добавок и химической обработки.

*Восстановление солей из жидких остатков ОДГ путем растворения/выпаривания*

Основной целью метода является исключение попадания солесодержащих сточных вод в канализацию. Это достигается посредством выпаривания промывочной жидкости от системы мокрой ОДГ.

Если при этом методе образуются твердые отходы, должна учитываться возможность последующего удаления. Возможно удаление, например, солей (NaCl, CaCl2, HCl и гипс). Этот конечный продукт может быть получен посредством выпаривания или рекристаллизации солей из сточных вод подготовки отработанного газа, или на месте возникновения, или на центральной установке выпаривания.

При восстановлении солей к промывочной жидкости добавляются гидроксид натрия и карбонат кальция, в результате образуется твердый гипс, который отделяют, а жидкость, содержащую хлорид натрия и хлорид кальция, отстаивают.

Раствор с содержанием солей более 30 % выпаривается, если необходимо отделить твердый хлорид натрия, так как при этой концентрации кристаллизуется чистая соль.

Метод может применяться в установках по сжиганию ТКО с системами мокрой ОДГ.

*Промывка остатков ОДГ и их использование в качестве сырья для производства строительных изделий*

В процессе промывки порошкообразные отходы, такие как остатки ОДГ, очищаются для использования в производстве строительных изделий. Поступающие потоки порошкообразных отходов содержат минеральные вещества, а также нежелательные растворимые фракции. Высокие концентрации растворимого материала нежелательны при производстве строительных изделий и ранее ограничивали подготовку остатков ОДГ.

Во время процесса содержание хлоридов значительно снижается; при необходимости могут быть достигнуты концентрации всего в 0,2%.Тяжелые металлы в остатках ОДГ не растворяются, а вместо этого превращаются в менее растворимые вещества.

*Экстракция кислотой*

Целью процесса является извлечение тяжелых металлов и солей из летучей золы с использованием кислоты.

Варианты подготовки с использованием процессов извлечения и разделения могут охватывать все типы извлечения отдельных компонентов из отходов. Процесс может удалить значительную часть тяжелых металлов из отходов (Cd, Zn, Pb, Cu и Hg).

**8.5.5 Уровни воздействия на окружающую среду и потребления природных ресурсов**

Организация отбора проб и проведения измерений в области охраны окружающей среды, а также их периодичность определяется в соответствии с [3].

*Регенерация активированного угля*

Основными экологическими проблемами, связанными с термальной регенерацией активированного угля, являются газообразные фильтраты, например, диоксид углерода. Кислотные газы и пестициды также могут быть проблемой, если не существует таких контрольных мер, как камеры дожигания и/или скрубберы.

Вода используется для транспортировки активированного угля в виде жидкой массы на регенерацию и обратно. Это приводит к образованию сточных вод, которые содержат взвешенные твердые частицы и, возможно, загрязнители (например, пестициды) и отправляются на очистку.

Чистый горячий активированный уголь охлаждается либо сухим способом, либо в холодной воде.

Периодически вода используется в большом количестве для промывки контейнера c активированным углем, чтобы удалить мелкие частицы и выровнять его поверхность.

Активированный уголь поставляется на регенерацию в основном в цистернах, при определенных условиях могут использоваться бочки. В этом случае бочки обрабатывают и повторно используют, чтобы свести к минимуму захоронение отходов. К производственным отходам относятся шлам. Другие отходы, отделяемые от активированного угля, включают огнеупорные кирпичи и футеровку, которые использовались для ремонта печей и котлов.

*Регенерация отработанных катализаторов*

Потенциальные загрязнители от различных объектов по восстановлению катализаторов:

- в атмосферный воздух: SO2, NOX, ЛОС, диоксины, металлы;

- в водные объекты: взвешенные вещества, масла, TOC, металлы;

- образование отходов: масла, металлы, твердые частицы (например, из оборудования для снижения загрязнений).

*Подготовка остатков ОДГ*

Выбросы в атмосферный воздух из вентиляционных отверстий бункеров и резервуаров-хранилищ собираются и проходят очистку в рукавных фильтрах или фильтрах с активированным углем, и большая часть технической воды возвращается в процесс.

**8.6 Подготовка извлеченной загрязненной почвы**

**8.6.1 Термодесорбция**

В процессе термодесорбции летучие загрязняющие вещества удаляются из почвы, донных отложений, жидкого шлама и фильтрационных осадков. Стандартные рабочие температуры составляют 175 ºC – 370 ºC, но процесс может происходить и при температуре от 90 ºC до 650 ºC. Термодесорбция способствует физическому отделению компонентов, а не сгоранию.

К отходам, подлежащим подготовке данным методом, относятся почвы, загрязненные бионеразлагаемыми органическими соединениями, нефтепродуктами, опасными отходами; асфальт, содержащий битум, или подобные отходы.

Отходящий газ, возникающий в процессе нагревания (т.е. газ, выделяющийся из отходов в процессе нагревания и содержащий испаренные загрязнители и водяной пар), собирается и охлаждается для конденсации загрязняющих веществ, чтобы обеспечить их сбор и восстановление (например, с использованием восстановленного масла или растворителя в качестве топлива).

Термические десорберы эффективно подготавливают почвы, шламы и фильтрационные осадки, удаляя летучие органические соединения. Некоторые вещества с более высокой точкой кипения, такие как полихлорбифенилы и диоксины, также могут быть удалены (если присутствуют).

Прямой или непрямой теплообмен испаряет органические соединения, образуя отходящий газ, который очищается перед выбросом в атмосферный воздух. Используется любой из четырех десорберов: ротационная сушилка, барабанная сушилка асфальтобетонных заводов, термический винт и проходная печь. Системы подготовки включают мобильные и стационарные технологические установки, разработанные специально для подготовки почвы, а также асфальтовые барабанные сушилки, которые можно адаптировать для данного процесса. Чаще используются мобильные системы из-за сниженных затрат на перевозку почвы и возможности повторной засыпки подготовленной почвы.

Для разрушения загрязняющих веществ необходимо дожигание и подготовка отработанного газа после десорбции, поскольку при десорбции вредные вещества с трудом высвобождаются из твердых или жидких фаз и переводятся в газообразное состояние. Вследствие этого необходимо оборудование для снижения выбросов. Эффективность термодесорбции зависит от химических и физических свойств загрязняющих веществ. Металлы (например, свинец) после подготовки могут оставаться в почве, из-за чего может потребоваться дополнительная подготовка почвы (например, стабилизация). Термодесорбер работает при температуре 500 ºС и выше, вследствие чего к испарению воды и органических веществ могут добавляться пиролиз и окисление.

**8.6.2 Промывка почвы**

Промывка почвы проводится для разделения очищенных фракций и загрязняющих веществ.

Промывка почвы эффективна для широкого ряда органических и неорганических загрязняющих веществ, включая остатки нефти и топлива. Эффективность удаления составляет от 90 % до 99 % для ЛОС. Соединения с низкой растворимостью в воде, такие как металлы, пестициды или полихлорбифенилы, иногда необходимо обрабатывать кислотными или комплексообразующими реагентами, чтобы облегчить их удаление. Промывочный процесс также применим для загрязненного песка и гравия из отходов строительства и сноса.

Промывка почвы может быть эффективной для восстановления почв с небольшим содержанием частиц глины и ила, большое количество таких частиц уменьшает эффективность промывки почвы.

Как правило, установки для промывки почвы производят материалы, пригодные для использования в строительной промышленности (производители бетона, асфальтобетонные заводы) или в качестве засыпочных материалов после того, как для них проведены внутренний и внешний контроль качества по конкретным свойствам материалов (для обеспечения соответствия нормам).

Промывочному процессу предшествует экстракция и удаление крупных компонентов. После подготовки почвы к промывке она смешивается с промывочной водой, и иногда к ней добавляются экстрагирующие соединения. После отделения от промывочной воды, почва промывается чистой водой и может быть возвращена на место извлечения. Взвешенные частицы почвы под действием силы тяжести удаляются из промывочной воды в виде шлама. Иногда используется флокуляция для облегчения удаления шлама. Отработанная промывочная вода очищается и используется повторно.

Методы физического разделения применяются к смесям твердых частиц для получения концентрированной формы из нескольких составляющих. Физические методы разделения включают грохочение, очистку в оттирочном скруббере или использование гидрогравиметрических разделителей, таких как гидроциклоны, отсадочные машины, спиральные разделители. Кроме того, в большинстве случаев в процессах используются химические реагенты на водной основе, которые обеспечивают как диспергирование, так и экстракцию. В некоторых случаях могут добавляться химические вещества (диспергаторы, коллекторы, пенообразователи и т.д.) для повышения качества процесса разделения.

**8.6.3 Экстракция паром**

Экстракция паром широко используется для подготовки извлеченной почвы, загрязненной газолином или хлорированными растворителями (например, трихлорэтиленом), а также ЛОС.

При проливах и утечках топлива в почву попадают жидкости, содержащие десятки компонентов. Для их эффективного устранения данным методом загрязняющие вещества должны находиться под давлением пара больше чем 1,0 мм ртутного столба при -7 °C. Метод не применим для насыщенных почв или для почв с низкой воздухопроницаемостью. Однако он применяется для подготовки почвы, загрязненной ПХБ.

Эффективность подготовки данным методом зависит от характеристик загрязнения и природы отходов (например, почва). Тенденция органических загрязняющих веществ к разделению в воде или способность адсорбироваться на почвенных частицах также влияет на эффективность, и поэтому важны растворимость соединений в воде и коэффициент сорбции твердых отходов. Температура влияет на каждое из этих значений и, следовательно, на уровень паровой диффузии и переноса. Повышение температуры – один из вариантов для повышения эффективности подготовки. Твердые отходы могут быть нагреты одним из трех способов:

1) введением горячего воздуха или пара,

2) пропусканием через отходы электромагнитной энергии,

3) образованием тепла при химической реакции.

Наиболее распространено введение горячего воздуха или пара.

Поскольку пары удаляются из твердых отходов, они очищаются для уменьшения выбросов в атмосферный воздух. Прямое сгорание теоретически возможно, если в отходящем газе достаточно высокая концентрация углеводородов, но она обычно сильно снижается при удалении. Следовательно, для поддержания процесса сжигания необходим природный газ или другое топливо.

Экстракция паром используется как комбинированная двухфазная очистка как подземных вод, так и загрязненной почвы.

**8.6.4 Экстракция растворителем**

Экстракция растворителями более эффективна для подготовки органических соединений, чем неорганических соединений и металлов.

Экстракция растворителями отличается от промывки почвы тем, что в ней для экстракции загрязняющих веществ из почвы используются органические растворители (например, пропан, бутан, диоксид углерода, алифатические амины (например, триэтиламин)), а не водные растворы. Так же, как и промывка почвы, экстракция растворителями отделяет загрязняющие вещества и не разрушает их.

Экстракция растворителями эффективна для подготовки донных осадков, шлама и почвы, загрязненных летучими органическими соединениями, нефтяными отходами, полихлорбифенилами и галогенсодержащими растворителями.

Несмотря на то, что экстракция растворителями может улучшить состояние твердых веществ, часто может потребоваться обезвоживание, подготовка остаточных органических соединений, дополнительное разделение, стабилизация или другие технологии подготовки.

**8.6.5 Биоразложение**

Целью метода является уменьшение загрязнения почвы с использованием биологических процессов (аэробное и анаэробное разложение).

К подлежащим подготовке загрязнениям относятся биологически разлагаемые загрязняющие вещества, топливо (газолин, керосин, газойль, печное топливо, тяжелые виды топлива), минеральное масло, отработанные масла и тяжелые органические масла. Основной продукт подготовки – обезвреженная извлеченная почва.

Химические свойства загрязняющих веществ, присутствующих в почвах, важны для определения скорости, с которой будет происходить биоразложение. Хотя почти все соединения в нефтепродуктах биоразлагаемые, чем сложнее молекулярная структура компонентов, тем сложнее и медленнее протекает биологическая подготовка. Алифатические и моноароматические компоненты с более низкой молекулярной массой разлагаются проще, чем алифатические или полиароматические органические компоненты с более высокой молекулярной массой.

**8.6.6 Уровни воздействия на окружающую среду и потребления природных ресурсов**

Организация отбора проб и проведения измерений в области охраны окружающей среды, а также их периодичность определяется в соответствии с [3].

*Термодесорбция*

Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух в результате термодесорбции зависят от характеристики отходов, применяемого процесса десорбции и используемого оборудования для контроля выбросов. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух в результате термодесорбции возникают из нескольких источников. Выводная труба камеры дожигания выводит продукты сгорания, как и топливная отопительная система, если газообразные продукты сгорания не поглощаются десорбером. Топливная отопительная система обычно работает с пропаном, природным газом или нефтяным топливом. Если система контроля выбросов ЛОС состоит из пылеуловительной камеры, скруббера и угольного адсорбера паровой фазы, отходящий газ будет содержать небольшие концентрации загрязняющих веществ и продуктов любых химических реакций.

*Экстракция твердых отходов паром*

Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух происходят в основном от выводной трубы.

Выбросы включают летучие органические вещества от процесса экстракции. Из-за разнообразия технологий, используемых для подготовки паром, выбросы могут содержать некоторые продукты неполного сжигания, NOХ, твердые частицы, CO и кислотные газы.

*Промывка почвы*

В процессе промывки почвы наибольший риск выбросов летучих загрязняющих веществ возникает при извлечении, погрузочно-разгрузочных работах, подготовке отходов к подаче и экстракции. Потоки отходов также могут быть источником выброса ЛОС.

В процессе промывки почвы образуются следующие четыре потока: загрязненные твердые вещества, отделенные от промывочной воды; сточные воды; шлам и твердые остатки от очистки сточных вод; и выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

Среднее потребление воды на 1 т отходов составляет около 86 л/т и находится в диапазоне 63 – 110 л/т.

*Биоразложение*

В открытых прудах-накопителях, а также при подготовке почвы и аэробной очистке на выбросы в атмосферный воздух больше всего влияют рабочая температура и скорость ветра. Увеличение поверхностной турбулентности из-за ветра или механического перемешивания способствует увеличению выбросов. Температура влияет на выбросы, воздействуя на рост микроорганизмов. При температурах, не соответствующих температуре оптимальной активности микроорганизмов, улетучивание будет увеличиваться. Выбросы из автономных реакторов также зависят от параметров конструкции, таких как количество воздуха или кислорода, используемого для аэрации суспензии. Более интенсивные потоки газа выводят из раствора больше летучих веществ и увеличивают выбросы в атмосферный воздух.

**8.7 Подготовка жидких отходов на водной основе**

Подготовка жидких отходов на водной основе планируется таким образом, чтобы для максимально большого количества отходов использовалось минимальное количество вспомогательных материалов. Цель подготовки заключается в следующем:

- обеспечить достижение целей в области охраны окружающей среды, в частности управление качеством воды. Вещества, которые могут быть опасными для воды, проходят очистку, удерживаются и/или преобразуются в неопасные;

- обеспечить правильное удаление больших объемов жидких отходов на водной основе и отходов, требующих специального контроля;

- отделить масло или органическую фракцию, которые будут использоваться в качестве топлива.

Во время этих процессов применяются конкретные физико-химические реакции для преобразования материала (например, нейтрализация, окисление, восстановление) и его разделения (например, фильтрация, осаждение, дистилляция, ионный обмен).

Поступающие на подготовку отходы состоят из водных жидкостей или шламов с относительно высоким содержанием воды (> 80 % масс.). Жидкие отходы на водной основе делятся на две основные категории, хотя иногда они могут быть смешанными:

- вода и неорганические вещества (например, кислые, щелочные, с тяжелыми металлами, токсичные);

- вода и органические вещества (например, масла, топливо, растворители, органические растворенные соли, с высоким ХПК, СОЗ).

В основном при подготовке жидких отходов на водной основе образуются сточные воды, которые составляют 85–95 % от массы поступающих отходов.

Шлам, образующийся в результате подготовки жидких отходов на водной основе, может быть спрессован, спрессован и смешан с другими шламами (как правило, органическими) на месте или смешан с остатками ОДГ для получения твердого продукта (с экзотермической реакцией).

Образующиеся отходы от процесса подготовки жидких отходов на водной основе образуются в результате осаждения/флокуляции, концентратов в результате мембранной фильтрации, испарения или ионного обмена; в процессе очистки и сушки, строительства и хранения в контейнерах.

Количество образующегося шлама, содержащего металл (фильтрационный осадок), зависит от наличия загрязнителей в сточных водах, их концентрации, а также от используемых реагентов и других химикатов. В поступающих сточных водах количество шлама колеблется от 2,5 % до 10 %.

Подготовка жидких отходов на водной основе обычно включает в себя сочетание следующих этапов:

- просеивание;

- хранение/накопление;

- нейтрализация;

- седиментация;

- осаждение/флокуляция;

- ионный обмен;

- окисление/восстановление;

- сорбция (адсорбция/абсорбция);

- испарение/дистилляция;

- мембранная фильтрация;

- отгонка;

- извлечение;

- фильтрация/осушение;

- кислотное расщепление эмульсий – расщепление эмульсии;

- органическое расщепление эмульсий – расщепление эмульсии;

- центрифугирование;

- биологическая подготовка.

При подготовке жидких отходов на водной основе, содержащих нитриты, учитывается следующее:

- избежание смешивания нитритных отходов с другими отходами;

- проверка и устранение паров азотных соединений при окислении и подкислении нитритов;

- проверка и устранение паров азотных соединений при восстановлении нитритов.

*Подготовка эмульсий*

Эмульсии расщепляются при помощи кислот. В качестве вспомогательных агентов в основном используются отработанные кислоты и щелочи. Отделенное масло отправляется на дальнейшие процессы.

Растворенные металлы разделяются в три этапа: осаждение/флокуляция, осаждение серой и ионный обмен.

Концентрации растворенных металлов снижаются на стадиях флокуляции/осаждения; образующаяся взвесь отделяется при отстаивании и механически осушается. Как сточная вода, так и фильтрат, поступающие со стадии обезвоживания, направляются на последующую подготовку. Целью последующей подготовки является дальнейшее снижение концентраций растворенных металлов посредством ионного обмена и осаждения серой, что повышает эффективность удаления металлов.

*Подготовка органических растворителей, содержащих жидкие отходы на водной основе*

На первом этапе органические растворители отделяются путем нагревания и отгонки. В результате образуются предварительно подготовленные отходы, которые больше не содержат испаряемых и легковоспламеняющихся материалов, и не требуют специальных мер безопасности для дальнейшей подготовки.

Чтобы избежать образования взрывоопасных соединений, отгонка проводится с использованием воздуха или инертного газа (например, азота). В целях ускорения отгонки можно изменить значение рН. Для второго этапа, с учетом содержания загрязняющих веществ на выходе из первого этапа, используются мембранная фильтрация, флокуляция/осаждение и нейтрализация.

*Подготовка жидких фотографических отходов*

Жидкости и отходы фотообработки с низким содержанием серебра, такие как проявители, обрабатываются при помощи осаждения сульфидами и мембранной фильтрации. Ионы серебра и других металлов осаждаются путем добавления раствора сульфида натрия. Твердые частицы фильтруются при прохождении раствора через мембрану. Фильтрат после мембранной фильтрации подвергается дальнейшей подготовке. Серебро, содержащееся в шламе, восстанавливается с помощью пирометаллургической обработки и очистки.

Жидкие отходы фотообработки с низким содержанием серебра подготавливаются путем химического удаления. Металлическое серебро осаждается с помощью борогидрида натрия и восстанавливается из осадка. Жидкость, из которой удалили серебро, проходит последующую подготовку.

Подготовка жидких отходов на водной основе широко используется. Такие отходы, как правило, образуются в результате различных производственных процессов (например, в полиграфической промышленности), а также в результате работ по техническому обслуживанию, ремонту и очистке.

**8.7.1 Уровни воздействия на окружающую среду и потребления природных ресурсов**

Организация отбора проб и проведения измерений в области охраны окружающей среды, а также их периодичность определяется в соответствии с [3].

***Выбросы в атмосферный воздух***

Смазочные масла содержат нафталин, бензол, толуол, этилбензол и ксилол, фенолы, медь и азот и могут приводить к выбросам аммиака и ксилола в атмосферный воздух при отделении масла от воды, или они могут приводить к повышенным уровням загрязнения. Отходы с высоким содержанием азота могут выделять в атмосферный воздух аммиак.

Выбросы в атмосферный воздух могут быть связаны с быстрыми изменениями pH, быстрым повышением температуры и энергичным перемешиванием. Также встречаются газообразные продукты реакции. Большинство установок выделяют ЛОС из отходов при сочетании нагревания, перемешивания, прессования или сушки осадка.

***Сброс в водные объекты***

Отходы с высоким содержанием азота увеличивают вероятность появления оксида азота. В водных потоках обычно присутствуют металлы, аммиак и органические химические вещества. Также внимание уделяется ХПК, pH, содержанию масла, аммиачного азота, металлов, сульфатов, сульфитов и сульфидов, а также дихлорметана.

**8.8 Подготовка отходов, содержащих стойкие органические загрязнители (СОЗ)**

**8.8.1 Подготовка отходов или оборудования, загрязненного СОЗ**

Подготовка направлена на удаление СОЗ из оборудования или отходов. Эти загрязняющие вещества представляют риск для здоровья и/или окружающей среды при повторном использовании, подготовке или удалении оборудования или отходов экологически безопасным способом.

Разделение может выполняться различными методами в зависимости от типа отходов или оборудования и типа загрязняющих веществ:

- промывка растворителем, биоцидом, нейтрализующим агентом;

- дробление;

- просеивание;

- вакуумная чистка;

- дистилляция;

- тепловые процессы и др.

Отходы, поступающие на подготовку, содержат СОЗ и предназначены для повторного использования или восстановления на уровне, соответствующем требованиям к их дальнейшему использованию или удалению экологически безопасным способом (например, электрические трансформаторы или конденсаторы, содержащие ПХБ).

Отходы, образующиеся в результате такой подготовки, можно разделить на две категории:

- подготовленные отходы (представляют основную часть продукции), которые могут быть повторно использованы или восстановлены;

- отходы, образованные в результате самого процесса подготовки.

**8.8.2 Подготовка отходов, содержащих ПХБ**

Высокотемпературное сжигание является наиболее доступной и используемой технологией для эффективного уничтожения ПХБ. Полное разрушение молекул ПХБ путем сжигания происходит только в четко определенных условиях (высокая температура (минимум 1 100 °С) и время пребывания, равная 2 с для газообразных фракций и 30 мин для твердых фракций). Сжигание приводит к непреднамеренному образованию СОЗ, таких как ПХДД/Ф и диоксиноподобные ПХБ.

Для незначительно загрязненных жидкостей иногда используются альтернативные технологии при отсутствии соответствующей высокотемпературной установки для сжигания.

*Очистка оборудования*

Методы по очистке трансформаторов, содержащих ПХБ, можно разделить на три главные категории:

- Слив

Слив из трансформатора масла, содержащего ПХБ, далее следует химическая очистка данного масла (замена атомов хлора в содержащихся в масле молекулах ПХБ атомами водорода), проверка пористого материала трансформатора (древесина, бумага и т.д.) и расстояния между металлическими частями (медная обмотка, магнитная стальная пластина и т.д.) и повторная закачка чистого продукта в трансформатор для повторного использования.

- Повторное заполнение

Чтобы уменьшить концентрацию ПХБ в сердечнике и змеевике трансформатора, загрязненное масло сливают и заменяют новым маслом, не содержащим ПХБ.

После максимального срока эксплуатации под нагрузкой в девять месяцев (в зависимости от типа трансформатора) концентрация ПХБ в резервуаре стабилизируется по мере выщелачивания ПХБ из активной зоны. Основными компонентами, которые удерживают ПХБ, являются бумага, древесина, лента и ДСП. Пока трансформатор близок к полной нагрузке, около 90 % ПХБ будут выщелачиваться из активной зоны в бак, оставляя 10 % в активной зоне и в обмотках.

- Промывка растворителем

Извлечение содержащего ПХБ масла путем промывки трансформатора растворителем, после следует демонтаж и последующая очистка содержимого для повторной подготовки металлического содержимого.

После подходящей предварительной подготовки масла, содержащие ПХБ, могут быть подготовлены с помощью водорода при повышенной температуре. В этом случае трансформаторы как таковые не восстанавливаются.

*Очистка конденсаторов, содержащих ПХБ*

Конденсаторы схожи с трансформаторами тем, что они сделаны из активной внутренней части в металлической оболочке. Однако активная часть состоит не из медных катушек, а из сплетенных клубков тонкой алюминиевой фольги, разделенных тонкими пленками бумаги и/или пластмассы. Технологиями, используемыми для очистки конденсаторов, являются следующие:

- Оболочка конденсатора изымается и очищается в растворителе; это прямой процесс очистки, так как оболочка не пористая. Активная внутренняя часть сжигается.

- Подготовка активной части после ее удаления из оболочки. Этот этап обезвреживания обычно включает в себя дробление данной части и обработку растворителем. Это позволяет уменьшить содержание остаточного количества ПХБ.

- Технологии, которые имеют такие же возможности, что и вышеуказанные, но с более широким спектром. С их помощью подготавливают смешанные остатки алюминия/пластмассы/бумаги для выделения данных компонентов и промывки растворителем. Алюминий затем может быть повторно использован.

**8.8.3 Разрушение СОЗ**

К технологиям уничтожения и необратимого превращения СОЗ в отходах относятся:

- восстановление щелочными металлами;

- усовершенствование сжигания твердых отходов;

- катализируемое основанием разложение;

- каталитическое гидродехлорирование;

- совместное сжигание в цементной печи;

- химическое восстановление в газовой фазе;

- сжигание опасных отходов;

- плазменная дуга;

- метод разложения в плазменной плавке;

- сверхкритическое окисление воды и субкритическое окисление воды;

- термическое и металлургическое производство металлов.

Основное внимание уделяется подготовке, некоторые виды которой приведены ниже в таблице 10 и применяются для специфических видов отходов (например, отходы, содержащие ПХБ, диоксины и фураны).

**Таблица 10 – Некоторые методы подготовки отходов, содержащих ПХБ и/или другие СОЗ**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Технология | Принцип действия | Поступающие и образующиеся отходы | Описание процесса |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Дехлорирование со щелочами | Взаимодействие щелочей металлов с атомами хлора, содержащихся в хлорированных соединениях | Поступающие отходы: загрязненные ПХБ масла  Образующиеся отходы: органические соединения (масло, которое можно повторно использовать) и соль | Разбрызгивание происходит при температуре выше температуры точки плавления натрия, при 98°C. Будучи жидкой, металлическая поверхность может непрерывно обновляться. Данным способом можно достичь разумной скорости реакции, таким образом, снижая стоимость процесса обезвреживания.  В процессе необходимо избегать образования полимера или необходимо обратить внимание на образование данного твердого вещества и ввести стадию разделения для получения чистого масла для повторного использования. |

**Продолжение таблицы 10**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Дехлорирование с помощью К-ПЭГ | Взаимодействие гидроксида калия (KOH) и полиэтиленгликоля (ПЭГ) с атомами хлора, содержащимися в хлорированных соединениях | Поступающие отходы: масла, загрязненные ПХБ  Образующиеся отходы: минеральное масло, которое может быть повторно использовано после подготовки, и шлам (KCl) | Хлор из ПХБ удаляется полиэтиленгликолем (ПЭГ), действующим как нуклеофил в реакции с ПХБ в щелочных условиях. Этот процесс оказался практичным и экономичным для подготовки ПХБ непосредственно в трансформаторном масле и извлечения подготовленного масла. Кроме того, этот способ исключает использование потенциально опасных щелочных металлов и оксидов щелочных металлов, обычно применяемых в качестве катализаторов.  Поскольку процесс проводится при низких температурах (140–160 °С), образование фуранов и диоксинов при термическом разложении ПХБ невозможно. Выпускаемые газы – это углекислый газ и водяной пар, которые задерживаются фильтром с активированным углем.  Отходы от подготовки образуют «осадочный» продукт в виде комбинации молекул хлора ПХБ, экстрагированных щелочными соединениями. Щелочной хлорид осаждается из-за нерастворимости и веса, отделяясь от очищенного масла. |
| Гидрирование СОЗ | Водород при высоких температурах вступает в реакцию с хлорированными органическими соединениями или нехлорированными органическими загрязнителями, такими как полициклические ароматические углеводороды | Поступающие отходы: трансформаторное масло и смеси отходов с пестицидами, содержащие высокоустойчивые ДДТ  Образующиеся отходы: в основном метан и хлороводород для ПХБ и метан и незначительное количество летучих углеводородов для полициклических ароматических углеводородов | Процесс используется на предприятиях по производству минеральных масел и проводится при температуре 850 °C и выше. Данный метод преобразовывает приблизительно 40 % полученного метана в водород путем реакции с водой и оставшуюся часть – в водород в каталитическом паровом реформаторе. Таким образом, процесс может функционировать без снабжения водородом извне. При высококонцентрированных отходах в результате процесса образуется избыток метана. Он сжигается с использованием вытяжного воздуха от сжигания вне предприятия или воздуха, циркулирующего на предприятии, после его первичной фильтрации через активированный уголь. |

**Окончание таблицы 10**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Процесс с использованием сольватированных электронов | Свободные электроны в растворе с сольватированными электронами преобразуют загрязняющие вещества в относительно безвредные вещества и соли | Поступающие отходы: галогенсодержащие органические соединения, включая ПХБ, диоксины, пестициды, хлорфторуглероды (ХФУ), и химические боевые отравляющие вещества  Образующиеся отходы: обезвреженные почвы считаются подходящими для возврата на место изъятия и, в качестве дополнительного преимущества, обогащены азотом из следового количества остаточного аммиака | В данном методе используется щелочь или щелочно-земельные металлы, растворенные в растворителе, таком как аммиак некоторые амины или эфиры, для получения раствора, содержащего свободные электроны и металлические катионы. Эффективность деструкции варьируется в диапазоне 86 – 100-%. Хлор и другие галогены выборочно убираются из органических галогенидов с помощью свободных электронов и захватываются катионами металлов для формирования солей (например, CaCl2). Например, молекула ПХБ может быть преобразована в бифенил в ходе быстрой реакции при температуре окружающей среды. |

**8.8.4 Инновационные процессы**

Целью таких процессов является удаление вредных компонентов (например, бромированные огнестойкие добавки – БОД) и подготовка полимеров из отходов пластиковых материалов путем селективной экстракции.

Процесс состоит из трех этапов:

1) растворение отходов пластмасс;

Для растворения полимеров используются кетоны, простой эфир, циклоалканы, сложные эфиры, в частности ацетон, метилэтилкетон, тетрагидрофуран, диалкиловый эфир дикарбоновых кислот и алкиловые эфиры жирных кислот, например метиловый эфир жирных кислот.

2) добавление осаждающего агента с образованием студенистого осадка (полимеров) с БОД и другими загрязнителями (например, смягчителями, добавками), остающимися в растворителе;

В качестве осаждающего агента используются вода, спирты, в частности метанол, этанол, изопропанол, н-пропанол, бутанол или их смеси.

3) фракция полимера в студенистом осадке отделяется от фракции растворителя, которая содержит загрязняющие вещества, дополнительно высушивается и подготавливается для переплавки в продукты.

Конечными продуктами процесса являются пригодный для повторного использования полимер, обогащенный БОД концентрат и, если присутствует, обогащенная металлами нерастворимая фракция. Концентрированные БОД, извлеченные из процесса, могут быть разрушены с помощью технологий, не предусматривающих сжигание, или необратимо преобразованы как реагенты в промышленных процессах.

**8.8.5** **Уровни воздействия на окружающую среду и потребления природных ресурсов**

Организация отбора проб и проведения измерений в области охраны окружающей среды, а также их периодичность определяется в соответствии с [3].

*Гидрирование СОЗ*

Так как реакция происходит в восстановительной среде в отсутствии кислорода, возможность образования диоксинов и фуранов сведена к минимуму. Если содержание водорода (сухое вещество) поддерживается в процентном соотношении выше 50 %, образование ПАУ предотвращается.

Если образующийся газ либо атмосферный воздух, использующийся в качестве воздуха для сжигания в бойлерах или похожих устройствах, содержит хлорид водорода или другие хлорированные соединения, во время их сжигания могут образоваться диоксины. Чтобы соответствовать основным техническим критериям уничтожения СОЗ, получаемый газ и воздух горения подлежат очистке для удаления подобных источников хлора и для предотвращения образования диоксинов.

Для того, чтобы избежать высокой скорости формирования газа, что может создать избыточное давление, нужна особая осторожность. Процесс имеет ограниченную буферную емкость: таким образом, избыточное повышение давления может привести к выбросам.

При стандартной работе от 30 до 50% получаемого газа сжигается в качестве топлива в бойлерах или в других вспомогательных устройствах.

*Очистка оборудования, содержащего ПХБ*

Выбросы летучих органических соединений (далее – ЛОС) в атмосферный воздух образуются при использовании растворителя для мойки оборудования.

**8.9 Подготовка ртутьсодержащих отходов**

Процессы подготовки различаются в зависимости от типа отходов. Все процессы направлены на механическое, химическое или термическое отделение ртути от одной/нескольких фракций. Безопасное управление этими процессами предполагает предотвращение выбросов ртути в целях защиты здоровья и окружающей среды.

Некоторые примеры подготовки ртутьсодержащих отходов:

- Разделение/поломка термометров и контакторов и отделение жидкой ртути от других фракций;

- Центрифугирование ртутьсодержащих шламов для удаления большей части металлической ртути. Оставшийся шлам содержит незначительное количество ртути и подготавливается методом вакуумной дистилляции.

- Измельчение/разделение газоразрядных ламп, удаление железа и разделение на фракции. Ртутьсодержащий флуоресцентный порошок пподготавливается методом вакуумной дистилляции.

- Подготовка газоразрядных ламп c применением технологии «end-cut/air-push», при которой посредством нагревания и остужения отламываются концы. Затем выдувается ртутьсодержащий флуоресцентный порошок. К технологии предварительной подготовки может быть добавлена установка разделения, улавливающая порошок. Возможно повторное применение порошка.

- Измельчение плоскопанельных дисплеев, содержащих ртутные лампы.

- Подготовка батарей методом пирометаллургии, где ртуть улавливается при очистке отработанных газов.

- Очистка отработанного активированного угля и устройств защиты от ртути при очистке природного газа с помощью термической обработки, где ртуть улавливается при очистке отработанных газов.

После удаления ртути из отходов перед их подготовкой могут проводиться следующие действия:

- отделение и концентрирование ртути за счет выпаривания и конденсирования;

- подготовка отработанных газов пылевыми фильтрами и фильтрами с активированным углем.

- возврат твердых частиц и неочищенного угля от подготовки отработанных газов в процесс.

Когда ртутьсодержащие отходы дистиллируются, дистиллят (вода и органические фракции) подготавливаются путем:

- сжигания в установке по сжиганию отходов;

- передачи газа из дистилляции в установку дожигания (при 850 ºС) и в конденсатор. Отработанные газы очищаются за счет подготовки (газоочиститель, пылевой фильтр, фильтр с активированным углем). Отделенные твердые частицы и неочищенный уголь возвращаются в дистилляционный резервуар. Это позволяет повысить степень восстановления.

- очистки водных фракций (после отделения) и возврата остатков в дистилляционный резервуар. Это позволяет повысить степень восстановления.

В процессе вакуумной дистилляции отходы, содержащие ртуть, испаряются в условиях вакуума примерно при 300–650ºC. Жидкие компоненты (например, ртуть, вода и масло) дистиллируются из отходов и конденсируются. При конденсации ртуть и дистиллят разделяются. Металлическая ртуть осушается и очищается. Ртуть может использоваться в качестве вторичного сырья.

Поступающими потоками являются ртутьсодержащие шламы нефте- и газоперерабатывающих отраслей, батареи, катализаторы, фильтры с активированным углем, термометры, отходы стоматологии, люминесцентные лампы, плоские дисплеи, остатки взрывных работ и почва. Различные потоки отходов отдельно подготавливаются при вакуумной дистилляции.

**8.9.1** **Уровни воздействия на окружающую среду и потребления природных ресурсов**

Выбросы в атмосферный воздух от установок для подготовки ртутьсодержащих отходов, как правило, улавливаются в источнике (оборудовании или рабочей площадке) местной вытяжной вентиляцией и очищается устройством для улавливания твердых частиц и адсорбцией активированным углем.

Организация отбора проб и проведения измерений в области охраны окружающей среды, а также их периодичность определяется в соответствии с [3].

**8.10 Подготовка отходов, содержащих SF6**

Гексафторид серы (SF6) используется в электрооборудовании из-за его диэлектрических свойств.

Все процессы направлены на отделение газообразного SF6 и твердых продуктов разложения от одной/нескольких других фракций.

Процесс очистки состоит из двух основных этапов:

1. Процесс восстановления SF6 с помощью камеры компенсации давления.

Перенос SF6 между корпусом и цилиндром/контейнером для хранения газа осуществляется совместной работой безмасляного вакуумного насоса и безмасляного поршневого компрессора. Вакуумный насос опорожняет корпус, а поршневой компрессор заполняет цилиндр/контейнер для хранения газа под высоким давлением.

В зависимости от типа, производителя и срока эксплуатации электрооборудования корпус более или менее устойчив к воздействию высокого вакуума. Часто корпус повреждается или проектируется таким образом, чтобы выдерживать только небольшое избыточное давление, поэтому, чтобы предупредить риск разрыва (с последующим выбросом SF6 и смешением его с воздухом), необходимо использовать камеру компенсации давления.

Камера компенсации давления представляет собой устройство, используемое для уменьшения перепада давления между внешней и внутренней сторонами корпуса во время восстановления SF6. Вакуум внутри камеры и корпуса создается одновременно.

2. Удаление твердых продуктов разложения из корпуса с помощью промывочного устройства.

В условиях высоких температур, которые могут возникнуть в случае коронного и искрового разряда (из-за дефектов изоляции) или переключения электрических дуг (в выключателях нагрузки или из-за разрушения изоляции), SF6 разлагается на едкие и токсичные продукты, которые находятся в газообразном состоянии или в виде порошка. После извлечения SF6 твердые продукты разложения должны быть собраны пылесосом или протерты чистой безворсовой тряпкой. Для мытья и нейтрализации всех частей используется щелочной раствор, затем части промываются чистой водой.

В результате процесса очистки образуются три продукта:

- использованный газ SF6: после очистки пригодные для повторного использования в газовых отсеках, что, сокращает использование нового газа;

- очищенное электрооборудование;

- отработанные моющие растворы: после фильтрации и удаления отделенных твердых частиц растворы могут быть использованы повторно.

**8.11 Подготовка асбестовых отходов**

Метод охватывает измельчение и последующее смешивание асбестсодержащих материалов с растворителем и нагревание смеси. Наличие растворителя при повышенных температурах (около 1200 ºС) ведет к быстрой реминерализации асбестовых волокон, которые преобразуются в такие неасбестовые минералы как диопсид, волластонит, оливин и стекло.

В данной технологии:

- асбестовые материалы преобразуются в инертные;

- существенно снижается объем отходов. Объем подготовленного продукта в сравнении с первоначальным существенно снижен (до 90 %).

Процесс ведет также к разрушению органических веществ, включая ПХБ с эффективностью 99,9 %. Токсичные металлы стабилизируются в загустевший продукт за счет молекулярных связей, и технологи считают, основываясь на предварительных исследованиях, что метод также эффективен для радионуклидов.

Метод также эффективен и для других видов отходов, включая отходы, содержащие органические вещества, для гомогенных твердых и жидких отходов или отходов, загрязненных широким спектром загрязняющих веществ (ЛОС, ПХБ, диоксины, неорганические загрязняющие вещества, такие как асбест, цианид; металлы, включая мышьяк, свинец, хром, барий, цинк, селен, кадмий; способные к остеклению радионуклиды, такие как трансураны, цезий, уран; а также смеси этих веществ).

Оснащение метода состоит из четырех основных систем:

- подготовка загрузки;

- ротационная печь-конвертер;

- очистка отработанных газов;

- удаление продукта.

Пиролиз органических соединений осуществляется в ротационной печи. Продукт пиролиза через дымосос подается на термический окислительный элемент, где разрушаются все оставшиеся органические загрязнения отработанных газов. Отработанные газы от термического окисления охлаждаются и очищаются ото всех имеющихся частиц и кислых компонентов. Наличие средства деминерализации ускоряет молекулярную диффузию в органических отходах во время нагревания, что разрушает такие неорганические соединения, как асбест, и ведет к одновременному окислению и молекулярному связыванию в отходах металлов и радионуклидов. Это приводит к иммобилизации металлов и радионуклидов. Метод ведет также к существенному снижению объема отходов.

**8.12 Подготовка медицинских отходов**

Предварительная подготовка медицинских отходов может быть проведена путем термической обработки, например, автоклавированием или с помощью термических винтов, а также путем озонирования.

Образующиеся потоки представляют собой остатки, которые отправляются на сжигание для уничтожения и/или рекуперации энергии.

**8.13 Регенерация отработанных кислот**

Восстанавливаются только отходы серной и соляной кислот.

**8.13.1 Регенерация отработанной серной кислоты**

Существует два альтернативных метода для восстановления отработанной серной кислоты.

Одним из них является термическая деструкция отработанных серных кислот для выделения SO2, достигаемая в печи при температурах около 1000 °C. Полученный SO2 затем используется в качестве поступающего материала для производства H2SO4.

Второй альтернативный процесс по восстановлению отработанной серной кислоты основан на концентрировании слабой/отработанной серной кислоты с или без отделения примесей (например, солей).

Процесс состоит из испарения воды без наличия большого количества H2SO4 в паровой фазе. Температура варьируется в зависимости от процесса. Существует много процессов, но наиболее распространенные основаны на испарителях с принудительной циркуляцией, которые стабилизируют процесс; из-за большой циркуляции, любое твердое вещество в кислоте останется в суспензии и при необходимости может быть отделено из концентрированной кислоты.

Для концентрации слабой кислоты используются горячие газы (от серной кислоты или любого другого процесса), при взаимодействии горячих газов и слабой кислоты вода будет испаряться до водонасыщения; процесс происходит при атмосферном давлении, но из-за относительно высокого объема газа должен быть предотвращен некоторый перенос кислоты с помощью туманоуловителей или других аналогичных устройств.

При сжигании прямо над отработанными кислотами образуются дымовые газы с очень высокими температурами (выше 1500 °C); дымовые газы проходят через отработанную кислоту, в результате чего испаряется вода, и газы подвергаются адиабатическому охлаждению до 150 – 250 °C; перед отведением в атмосферный воздух газы нуждаются в охлаждении и очистке.

**8.13.2** **Регенерация отработанной соляной кислоты**

Чаще всего соляная кислота (HCl) образуется как побочный продукт процесса хлорирования. HCl обычно образуется в газовой фазе и напрямую повторно используется в химическом процессе. Она также может быть растворена в воде и использована в качестве сырьевого материала для производства других химикатов, таких как продукт очистки воды (например, FeCl3) в электролизе или соединение для нейтрализации. HCl также может использоваться в таких сферах, как травление металлов или ионообменная регенерация.

При подготовке отработанных кислот образуются такие выбросы в атмосферный воздух и сбросы в воду, как HCl, HF, NOX и оксиды серы. При подготовке серной кислоты – HCl и HF.

**9 Общие наилучшие доступные технические методы для обращения с отходами**

**НДТМ 1.** Разработка, внедрение и сертификация системы менеджмента окружающей среды (СМОС) (см. А.1 приложения А).

**НДТМ 2.** Разработка и внедрение процедуры определения характеристик отходов (описания состава) и приемки отходов.

Эти процедуры направлены на обеспечение технического (и юридического) соответствия операций по обращению с отходами конкретным видам отходов до их поступления на завод. Они включают процедуры сбора информации о поступающих отходах, в том числе отбор проб и описание качественных характеристик отходов для получения достаточной информации об их составе. Процедуры предварительной приемки отходов основаны на оценке риска, принимая во внимание, например, опасные свойства отходов, риски, связанные с отходами с точки зрения безопасности процесса, безопасности труда и воздействия на окружающую среду, а также информацию, предоставленную предыдущими владельцами отходов.

Процедуры приемки направлены на подтверждение качественных характеристик отходов, определенных на стадии предварительной приемки. Этими процедурами устанавливаются компоненты, подлежащие проверке по прибытии отходов на завод, а также критерии принятия и отбраковки отходов, в том числе отбор проб, их инспекцию и анализ. Процедуры приемки отходов основаны на оценке риска, принимая во внимание, например, опасные свойства отходов, риски, связанные с отходами с точки зрения безопасности процесса, безопасности труда и воздействия на окружающую среду, а также информацию, предоставленную предыдущими владельцами отходов.

**НДТМ 3.** Разработка и внедрение системы управления качеством продукции.

Данная технология включает в себя разработку и внедрение системы управления качеством продукции, для обеспечения того, что результаты использования отходов соответствуют ожиданиям.

Такая система управления также позволяет осуществлять мониторинг и оптимизацию процесса использования отходов и для этой цели может включать анализ потока материалов соответствующих компонентов на протяжении всего цикла подготовки отходов для использования. Использование анализа потока материалов основано на оценке риска, учитывая, например, опасные свойства отходов, риски, связанные с отходами с точки зрения безопасности процесса, охраны труда и воздействия на окружающую среду, а также информацию, предоставленную предыдущими собственниками отходов.

**10** **Наилучшие доступные технические методы для сбора отходов и их разделения по видам**

**НДТМ 4.** Разделение отходов по видам. Отходы хранятся раздельно в зависимости от их свойств в целях обеспечения более простых и экологически безопасных способов хранения и дальнейшего обращения с ними. Разделение отходов основывается на их физическом разделении и процедурах, определяющих длительность и место временного хранения отходов.

**НДТМ 5.** Разделение по видам поступающих отходов направлено на предотвращение попадания нежелательных материалов в последующие процессы подготовки отходов. Разделение по видам отходов может включать в себя:

- ручное разделение посредством визуальных осмотров;

- отделение черных металлов, цветных металлов или металлоконструкций;

- оптическое разделение, например, с помощью ближней инфракрасной спектроскопии или рентгеновских систем;

- разделение по плотности, например, с помощью пневмосепарации, отстаивания, вибростолов;

- разделение по размерам путем просеивания.

**НДТМ 6.** Меры по обеспечению совместимости отходов перед их смешиванием. Совместимость обеспечивается комплексом проверочных мероприятий и тестов, направленных на обнаружение любых нежелательных и/или потенциально опасных химических реакций между отходами (например, полимеризация, выделение газа, экзотермическая реакция, разложение, кристаллизация, осаждение) при смешивании.

Тесты на совместимость основаны на оценке риска, принимая во внимание, класс опасности отходов, риски, связанные с отходами с точки зрения безопасности процесса, охраны труда и воздействия на окружающую среду, а также информацию, предоставленную предыдущими собственниками отходов.

**11 Наилучшие доступные технические методы для подготовки отходов**

**11.1 Наилучшие доступные технические методы для механической подготовки отходов**

**НДТМ 7.** В целях сокращения выбросов в атмосферный воздух твердых частиц (недифференцированной по составу пыли/аэрозоль) (далее – твердых частиц), в состав которых входят твердые частицы металлов, ПХДД/Ф и диоксиноподобных ПХБ, необходимо обеспечивать предотвращение распространения следуюшими методами:

- обеспечение хранения, погрузки и разгрузки отходов, которые могут служить источниками выбросов, в закрытых помещениях и/или в закрытом оборудовании (например, на конвейерных лентах);

- поддержание надлежащего давления в герметичном оборудовании или помещениях;

- сбор и направление выбросов на очистку.

**НДТМ 8**. Очистка отходящих газов при механической подготовке отходов с применением (см. Б.1 приложения Б):

- циклонов;

- тканевых фильтров;

- мокрых скрубберов.

**НДТМ 9.** Подача воды в измельчитель. Отходы, подлежащие измельчению, увлажняются путем впрыскивания воды в измельчитель. Количество впрыскиваемой воды регулируется в зависимости от количества измельчаемых отходов (что может контролироваться с помощью энергии, потребляемой двигателем измельчителя). Отработанный газ, содержащий твердые частицы, направляется на очистку.

**НДТМ 10.** Соответствующие НДТМ уровни выбросов твердых частиц от процесса механической подготовки составляют 2 – 5 мг/м3.

**НДТМ 11.** Необходимо обеспечить сбалансированную подачу отходов в измельчитель, чтобы избежать недостаточной или чрезмерной загрузки измельчителя, что в свою очередь может привести к его нежелательным остановкам и запускам.

**НДТМ 12.** При механической подготовке металлических отходов в шредерах НДТМ являются:

- разработка и реализация Плана управления дефлаграцией;

- установка клапанов сброса давления для ослабления (гашения) колебаний давления, возникающих в результате дефлаграции, которые в противном случае могли бы привести к серьезному повреждению и последующим выбросам.

- использование низкоскоростного измельчителя, установленного перед главным измельчителем.

**11.2 Наилучшие доступные технические методы подготовки отходов электрического и электронного оборудования (далее - ОЭЭО)**

**НДТМ 13.** Оптимизированное удаление и захват хладагентов и масел.

Все хладагенты и масла удаляются из ОЭЭО, содержащих ХФУ/ГХФУ, и улавливаются системой вакуумного всасывания (например, при достижении уровня удаления хладагента по меньшей мере на 90 %). Хладагенты отделяются от масел, а масла дегазируются. Количество масла, остающегося в компрессоре, сводится к минимуму (чтобы избежать утечек из компрессора).

**НДТМ 14.** Криогенная конденсация. Отработанный газ, содержащий органические соединения, такие как ХФУ/ГХФУ, направляется в установку криогенной конденсации, где они сжижаются (см. В.1.1 приложения В). Сжиженный газ хранится в герметичных сосудах для дальнейшей очистки.

**НДТМ 15.** Адсорбция. Отработанный газ, содержащий органические соединения, такие как ХФУ/ГХФУ, подается в адсорбционные системы (см. В.2 приложения В.1.2). Отработанный активированный уголь регенерируется с помощью нагретого воздуха, закачиваемого в фильтр для десорбции органических соединений. Затем отработанный газ сжимается и охлаждается для разжижения органических соединений (в некоторых случаях путем криогенной конденсации). Сжиженный газ затем хранится в сосудах под давлением. Оставшийся отработанный газ со стадии сжатия обычно подается обратно в адсорбционную систему, чтобы минимизировать выбросы ХФУ/ГХФУ.

**НДТМ 16.** Соответствующие НДТМ уровни выбросов при подготовке отходов ОЭЭО:

ЛОС 3-15 мг/м3;

ХФУ 0,5 – 10 мг/м3.

**НДТМ 17.** В целях предотвращения аварийных выбросов в результате взрывов при подготовке ОЭЭО, содержащих ХФУ и/или ГХФУ, создание инертной рабочей атмосферы. При впрыскивании инертного газа (например, азота) концентрация кислорода в закрытом оборудовании (например, в закрытых измельчителях, дробилках, пыле- и пеносборниках) снижается (например, до 4 % об.).

**НДТМ 18.** В целях предотвращения аварийных выбросов в результате взрывов при подготовке ОЭЭО, содержащих ХФУ и/или ГХФУ обеспечение принудительной вентиляции. При использовании принудительной вентиляции концентрация углеводородов в закрытом оборудовании (например, в закрытых измельчителях, дробилках, пыле- и пеносборниках) снижается до < 25 % от нижнего предела взрываемости.

**НДТМ 19.** При подготовке ОЭЭО, содержащего ртуть, должны предусматривать меры по улавливанию ртути у источника, их последующее направление в системы очистки и проведение надлежащего мониторинга. Оборудование, используемое для подготовки ртутьсодержащих ОЭЭО, должно находиться под отрицательным давлением и должно быть подключено к локальной системе вытяжной вентиляции.

**НДТМ 20.** Соответствующие НДТМ уровни выбросов ртути при подготовке отходов электрического и электронного ртутьсодержащего оборудования должны соответствовать 2-7 мг/м3.

**11.3 Наилучшие доступные технические методы для биологической подготовки отходов**

**НДТМ 21.** Применение при биологической подготовке отходов для уменьшения выбросов твердых частиц и органических соединений в атмосферный воздух, включая H2S и NH3, НДТМ должны предусматривать применение адсорбции (см.В.1.2 приложения В), мокрых скрубберов (см Б.1.1 приложения Б), тканевых фильтров (см Б.1.1 приложения Б), термического окисления (см.Г.1.2) или биофильтров (см.Г.1.1 приложения Г).

**НДТМ 22.** Соответствующие НДТМ уровни выбросов при биологической подготовке отходов должны соответствовать следующим значениям:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Показатель | Значение, мг/м3 | Примечание |
| NH3 | 0,3-20 | Для всех типов биологической подготовки |
| Твердые частицы | 2-5 | Для механическо-биологической подготовке отходов |
| ЛОС | 5-40 |
| Примечание – указаны уровни выбросов в атмосферный воздух, достигаемые с использованием методов очистки, указанных в НДТМ 21. Однако данные методы очистки не применимы в случае аэробного компостирования на открытых площадках. | | |

**НДТМ 23.** Мониторинг поступающих на аэробную биологическую подготовку отходов, в том числе:

- характеристик поступающих отходов (например, отношение C к N, размер частиц);

- температура и влажность в разных участках компостного ряда (хранящейся массы отходов). Мониторинг содержания влаги в компостном ряду не применим к закрытым процессам, а также в случае наличия угрозы для здоровья или безопасности работников. В этом случае содержание влаги можно контролировать перед подачей отходов на закрытую стадию компостирования и регулировать на выходе из закрытой стадии.

- аэрация компостного ряда (хранящейся массы отходов) (например, путем частого переворачивания/перемешивания компостного ряда, концентрации O2 и/или CO2 в компостном ряду, температуре воздушных потоков в случае принудительной аэрации);

- пористость, высота и ширина компостного ряда.

**НДТМ 24.** Мониторинг поступающих на анаэробную биологическую подготовку отходов, в том числе:

- внедрение ручной и/или автоматической системы мониторинга в целях:

обеспечения стабильной работы дигестора (анаэробного биореактора);

минимизации эксплуатационных трудностей, таких как пенообразование, которое может привести к появлению неприятных запахов;

обеспечения заблаговременного предупреждение о сбоях системы, которые могут привести к выбросу загрязняющих веществ и взрывам.

- мониторинг и/или контроль ключевых параметров отходов и процессов,например:

pH и щелочность поступающего в дигестер материала;

рабочая температура дигестера;

гидравлические и органические нормы загрузки материала в дигестер;

концентрация летучих жирных кислот (VFA) и аммиака в дигестере и дигестате;

количество, состав биогаза (например, H2S) и давление;

уровень жидкости и пены в дигестере.

**НДТМ 25.** При механико-биологической подготовке отходов разделение потоков отработанного газа на потоки отработанного газа с высоким содержанием загрязняющих веществ и потоки отработанного газа с низким содержанием загрязняющих веществ.

**НДТМ 26.** При механико-биологической подготовке отходов обеспечивать рециркуляцию отработанного газа с низким содержанием загрязняющих веществ в биологических процессах с его последующей очисткой, адаптированной к концентрации загрязняющих веществ. Использование отработанного газа в биологическом процессе может быть ограничено температурой отработанного газа и/или концентрацией загрязняющих веществ. Может потребоваться конденсация водяного пара, содержащегося в отходящем газе, перед повторным использованием. В этом случае необходимо охлаждение, и последующая рециркуляция конденсированной воды, при возможности, или ее очистка перед сбросом.

**11.4 Наилучшие доступные технические методы для физико-химической подготовки отходов**

**НДТМ 27.** Восстановление материалов:

от очистки отработанных масел - путем использования органических остатков от вакуумной перегонки, экстракции растворителем, тонкопленочных испарителей и т.д. для производства асфальтовых покрытий и т.д.;

от регенерации отработанных растворителей – извлечение растворителей путем выпаривания остатков перегонки;

**НДТМ 28.** Рекуперация энергии:

от очистки отработанных масел – путем использования органических остатков от вакуумной перегонки, экстракции растворителем, тонкопленочных испарителей и т.д. для рекуперации энергии;

от регенерации отработанных растворителей – путем использования остатков от перегонки для рекуперации энергии;

**НДТМ 29.** Соответствующие НДТМ уровни выбросов ЛОС при повторной очистке отработанного масла, физико-химической подготовке отходов, обладающих теплотворной способностью и регенерации отработанных растворителей должны составлять 5 – 30 мг/м3.

**НДТМ 30.** В целях улучшения общих экологических показателей процессов термической подготовки отработанного активированного угля, отработанных катализаторов и извлеченной загрязненной почвы, НДТМ должны предусматривать использование всех приведенных ниже технических методов:

- рекуперация тепла из печи отходящих газов. Рекуперированное тепло может быть использовано, например, для предварительного нагрева воздуха, используемого для горения или для генерации пара, используемого для реактивации отработанного активированного угля;

- использование печи с непрямым нагревом для исключения контакта между содержимым печи и дымовыми газами горелки;

- применение интегрированных методов сокращения выбросов в атмосферный воздух, включая регулировку температурного режима печи и скорости вращения вращающейся печи, выбор топлива, использование герметичной печи или работа печи при пониженном давлении.

**НДТМ 31.** В целях уменьшение выбросов HCl, HF, тведых частиц и органических соединений в атмосферный воздух, НДТМ должны предусматривать применение и использование одного или нескольких из приведенных ниже технических методов:

циклона;

электростатического фильтра;

тканевого фильтра;

мокрого сруббера;

адсорбции;

конденсации;

термическое окисление.

**НДТМ 32.** При дезактивации оборудования, содержащего ПХБ, в целях улучшения общих экологических показателей и снижения выбросов ПХБ и органических соединений в атмосферный воздух, НДТМ должны предусматривать применение всех методов, приведенных ниже:

покрытие площадок хранения и подготовки отходов смолистым покрытием, нанесенным на бетонный пол всей зоны хранения и подготовки отходов;

закрытый доступ к участкам хранения и подготовки отходов;

наличие специальной квалификация персонала для доступа к участкам хранения и подготовки загрязненного оборудования;

отдельные «чистые» и «грязные» гардеробы для индивидуальной защитной одежды;

очистка внешних поверхностей загрязненного оборудования анионным моющим средством;

опорожнение оборудования с помощью насоса или под вакуумом вместо гравитационного опорожнения;

разработка и внедрение процедур заполнения, опорожнения и (удаления) подключения вакуума;

длительный период осушения (не менее 12 часов), чтобы избежать какого-либо протекания загрязненной жидкости во время дальнейших операций подготовки после отделения активной зоны от корпуса электрического трансформатора;

сбор и очистка воздуха зоны дезактивации в фильтрах с активированным углем;

соединение выходного устройства вакуумного насоса с газоочистной установкой (например, высокотемпературная установка сжигания, термическое окисление или адсорбция активированным углем);

высокотемпературное сжигание пористых, загрязненных частей электрического трансформатора (дерево и бумага);

разрушение ПХБ в маслах (например, дехлорирование, гидрирование, процессы с сольватированными электронами, сжигание при высоких температурах);

сбор и повторное использование растворителя.

**12** **Наилучшие доступные технические методы для хранения отходов**

**НДТМ 33.** Оптимизированное место временного хранения отходов

Включает такие методы, как:

- размещение места временного хранения отходов, насколько это технически и экономически возможно от социальных объектов, водотоков и т.д.;

- расположение мест временного хранения отходов таким образом, чтобы исключить или минимизировать ненужное обращение с отходами на предприятии (например, когда транспортные расстояния на площадке неоправданно велики).

**13** **Наилучшие доступные технические методы для перевозки отходов**

**НДТМ 34.** Процедуры надлежащего обращения с отходами при их перевозке включают в себя:

- обеспечение перевозки отходов компетентным персоналом;

- обеспечение документирования процедуры перевозки отходов согласно законодательству;

- принятие мер по предотвращению, обнаружению и ликвидации утечек;

- принятие при смешивании отходов мер по обеспечению безопасности (например, проведение вакуумирования (чистки пылесосом) пылевых/порошкообразных отходов).

**Приложение А**

(справочное)

**Краткое описание общих наилучших доступных технических методов для обращения с отходами**

**А.1. Разработка, внедрение и сертификация системы менеджмента окружающей среды (СМОС)**

Система менеджмента окружающей среды должна соответствовать требованиям СТБ ISO 14001 и которую организация может использовать для улучшения своей пригодности в области окружающей среды, включая:

– улучшение пригодности в области окружающей среды;

– выполнение обязательств по соблюдению требований;

– достижение целей в области окружающей среды.

**Приложение Б**

(справочное)

**Краткое описание наилучших доступных технических методов для подготовки отходов**

**Б.1 Очистка отходящих газов при механической подготовке отходов**

В целях сокращения выбросов в атмосферный воздух твердых частиц, в состав которых входят твердые частицы металлов, ПХДД/Ф и ПХБ, необходимо предусматривать применение и использование одного или нескольких из приведенных ниже технических методов очистки отходящих газов.

**Б.1.1 Циклон**

Во всех видах циклонов для отделения твердых частиц или жидких капель из отходящего газа используются центробежные силы. Циклонные фильтры используются для удаления более тяжелых частиц, которые выпадают, так как отходящие газы начинают двигаться по кругу перед тем как снова покинуть сепаратор.

Циклоны в основном используются в качестве предварительных сепараторов для пыли.

Ограничения по применению циклонов отсутствуют.

**Б.1.2 Тканевый фильтр**

Может быть неприменимо к вытяжным воздуховодам, непосредственно соединенным с измельчителем, если воздействие дефлаграции на тканевый фильтр невозможно смягчить (например, с помощью предохранительных клапанов).

**Б.1.3 Мокрый скруббер**

Очистка в скруббере или абсорбция широко используется в качестве метода извлечения сырья и/или продукта для разделения и очистки газообразных потоков, которые содержат высокие концентрации ЛОС, особенно растворимых в воде соединений, таких как спирты, ацетон или формальдегид. Применение абсорбции в качестве первичного метода контроля для органических паров зависит от наличия подходящего растворителя с высокой растворимостью для газа, низким давлением паров и низкой вязкостью.

Удаление газообразных или твердых частиц из газового потока путем массопереноса в жидкий растворитель, часто воду или водный раствор. Это может включать химическую реакцию (например, в кислотном или щелочном скруббере). В некоторых случаях соединения могут быть извлечены из растворителя. Применяется повсеместно.

**Приложение В**

(справочное)

**Краткое описание наилучших доступных технических методов подготовки отходов электрического и электронного оборудования**

**В.1 Очистка отходящих газов при подготовке отходов электрического и электронного оборудования**

В целях сокращения выбросов в атмосферный воздух твердых частиц в состав которых входят твердые частицы металлов, ПХДД/Ф и диоксиноподобные ПХБ, НДТМ должны предусматривать применение и использование одного или нескольких из приведенных ниже технических методов.

**В.1.1 Криогенная конденсация**

Конденсация − это технология, которая позволяет удалить пары ЛОС из потока отработанного газа путем снижения его температуры ниже точки росы.

Существуют различные методы конденсации, в зависимости от диапазона рабочих температур и в том числе:

конденсация охлаждающей жидкостью при температуре конденсации до 25 °C;

конденсация охлаждающими агентами при температуре конденсации до 2 °C;

конденсация водного раствора при температуре конденсации до -10 °C;

конденсация водного раствора аммиака при температуре конденсации примерно до -40 °C (одноступенчатая) или -60 °C (двухступенчатая);

криогенная конденсация при температуре конденсации до -120 °C на практике часто работает при температуре от -40 °C до -80 °C в устройстве конденсации;

конденсация инертного газа замкнутого цикла.

При криогенной конденсации температуры ниже точки замерзания воды требуют практически безводной подачи газа, что может подразумевать предварительную очистку для удаления воды. Предварительная очистка невозможна, если влажность газа слишком высокая.Для криогенной конденсации рабочая температура может быть до -120 °C, но на практике она часто составляет от -40 °C до -80 °C в конденсационном устройстве. Криогенная конденсация может справиться со всеми ЛОС и летучими неорганическими загрязнителями, независимо от их индивидуальных значений давления пара. Применяемые низкие температуры обеспечивают очень высокую эффективность конденсации, что делает данный метод хорошо подходящим в качестве финишного метода контроля за выбросами.

**В.1.2 Адсорбционные системы**

Адсорбция представляет собой гетерогенную реакцию, в которой молекулы газа удерживаются на твердой или жидкой поверхности (адсорбент также называется молекулярным ситом), которая избирательно удаляет определенные соединения из выходящих потоков. Когда поверхность адсорбируется в максимальной степени, адсорбент заменяется или адсорбированное содержимое десорбируется при регенерации адсорбента. При десорбции загрязняющие вещества обычно имеют более высокую концентрацию и могут либо восстанавливаться, либо удаляться.

Адсорбенты включают в себя:

гранулированный активированный уголь (ГАУ), наиболее распространенный адсорбент с широким диапазоном эффективности и не ограниченный полярными или неполярными соединениями; ГАУ может быть пропитан, например, окислителями, такими как перманганат калия, или соединениями серы (улучшают удерживание тяжелых металлов);

цеолиты со свойствами, зависящими от их изготовления, работающие в качестве простых молекулярных сит, селективных ионообменников или гидрофобных адсорберов ЛОС;

макропористые полимерные частицы, которые используются в виде гранул или шариков и не обладают высокой селективности по отношению к ЛОС;

силикагель;

натриево-алюминиевые силикаты.

Применение адсорбции включает в себя:

извлечение ЛОС (сырья, продукта, растворителя и т.д.) для повторного использования или рециркуляции; адсорбция может использоваться в качестве автономной системы, этапа концентрирования для повышения эффективности дальнейших операций по восстановлению, таких как мембранное разделение, или для очистки выбросов остаточных газов после системы очистки;

уменьшение содержания загрязняющих веществ (опасных веществ из производственных или перерабатывающих сооружений (например, СОСВ), таких как ЛОС, H2S, дурнопахнущие вещества, остаточные газы), которые нельзя рециркулировать или использовать иным образом, возможно, с ГАУ в качестве адсорбента, который затем не восстанавливается, а сжигается;

ее использование в качестве защитного фильтра после окончательной очистки.

Наиболее важным измерением является падение давления на пылевых фильтрах (если они установлены) и на слое адсорбента. Давление на фильтрах должно равномерно повышаться после обновления или очистки. Слишком быстрый подъем свидетельствует о последующем сильном падении давления из-за высокого содержания пыли.

По всему слою давление должно оставаться примерно постоянным. Любое повышение указывает либо на наличие пыли, проходящей через фильтр, либо на адсорбирующую пыль от разрушения гранул. Также должен быть сигнал оповещения о высоком давлении.

**Приложение Г**

(справочное)

**Краткое описание наилучших доступных технических методов для биологической подготовки отходов**

**Г.1 Очистка отходящих газов при биологической подготовки отходов**

В целях уменьшения выбросов твердых частиц применяются:

- биофильтр;

- термическое окисление.

**Г.1.1 Биофильтр**

Для контроля рН среды и уменьшения образования N2O в биофильтре, в случаях высокого содержания NH3 (например, 5–40 мг/Нл), может потребоваться предварительная очистка отработанного газа перед его очисткой в биофильтре (например, с помощью водного или кислотного скруббера). На рисунке Г.1 представлена схема биофильтра.

|  |
| --- |
| **Гравийный слой**  **Выходящий очищенный газ**  **Поступающий неочищенный газ**  **Выпускное отверстие**  **Фильтрующий материал** |

**Рисунок Г.1- Схема биофильтра**

Некоторые другие вещества (например, меркаптаны, H2S) могут вызывать подкисление среды биофильтра. В таком случае необходимо использование водяного или щелочного скруббера для предварительной очистки отходящего газа перед биофильтром.

**Г.1.2** **Термическое окисление**

Термическое окисление (также часто называемое «сжиганием», «термическим сжиганием» или «окислительным сжиганием») − это окисление горючих газов и дурнопахнущих веществ в потоке отработанного газа путем нагревания смеси загрязняющих веществ в камере сжигания воздухом или кислородом выше ее точки воспламенения и поддержание ее при высокой температуре в течение времени, достаточного для полного сгорания до диоксида углерода и воды.

Термические окислители используются для снижения выбросов ЛОС практически из всех источников, включая вентиляционные отверстия реакторов, дистилляционные отверстия, операции с растворителями и операции, выполняемые в нагревательных камерах, сушилках и печах. Термические окислители могут справиться с незначительными колебаниями расхода, но для больших колебаний необходимо использование других технологий, таких как сжигание в факеле и испарительные резервуары. Тепловые установки лучше применять для небольших технологических процессов с умеренным или высоким содержанием ЛОС, поскольку низкое содержание ЛОС в отработанных газах увеличивает расход топлива.

Применяется несколько видов термических окислителей:

прямой термический окислитель;

регенеративный термический окислитель;

рекуперативный термический окислитель;

газовые двигатели, печи или паровые котлы.

**Приложение Д**

(справочное)

**Наилучшие доступные технические методы для физико-химической подготовки отходов**

**Д.1 Очистка отходящих газов при физико-химической подготовке отходов**

Очистка выбросов HCl, HF, пыли и органических соединений в воздух, НДТМ должны предусматривать использование:

циклона (см.Б.1 приложения Б);

электростатического фильтра (далее ЭСФ);

тканевого фильтра (см.Б.1 приложения Б);

мокрого сруббера (см.Б.1 приложения Б);

адсорбции (см.В.1 приложения В);

конденсации (см.В.1 приложения В);

термическое окисление (см.Г.1 приложения Г).

Электрофильтры (осадители) функционируют путем придания частицам электрического заряда и их разделения под воздействием электрического поля. Электрофильтры способны работать в широком диапазоне условий. В сухом ЭСФ собранный материал удаляется механически (например, встряхиванием, вибрацией, сжатым воздухом), в то время как в мокром ЭСФ его промывают подходящей жидкостью, обычно водой.

**Библиография**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| [1] | Закон Республики Беларусь «Об охране окружающей среды» от 26 ноября 1992 г № 1982-XII в редакции Закона Республики Беларусь от 17 июля 2002 г. № 126-З | |
| [2]  [3] | Закон республикик Беларусь «Об обращении с отходами» от 20 июля 2007 г. № 271-З  Постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь «Об утверждении экологических норм и правил» от 18 июля 2017 г. № 5-Т | |
|  |  | |
| Примечание - При пользовании настоящим техническим кодексом целесообразно проверить действие НПА, ТНПА.  Если ссылочные НПА, ТНПА заменены (изменены), то при пользовании настоящим техническим кодексом следует руководствоваться замененными (измененными) НПА, ТНПА.  Если ссылочные НПА, ТНПА отменены без замены, то положение, в котором дана ссылка на них, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку. | | |
|  | |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ИСПОЛНИТЕЛИ |  |  |
| Эксперт отдела сертификации и аудита Государственного предприятия «Экологияинвест» |  | П.А.Клебеко |
| Заведующий сектором технического регулирования «Экологияинвест» |  | Е.А.Прилуцкая |
|  |  |
| Эксперт сектора технического регулирования Государственного предприятия «Экологияинвест» |  | А.В.Ёдчик |
|  |  |
| Эксперт отдела сертификации и аудита Государственного предприятия «Экологияинвест» | А.М.Метельский |
|  |  |
|  |  |

1. «Циркуляционная экономика» (экономика замкнутого цикла) – это экономика, основанная на возобновлении ресурсов, альтернатива традиционной линейной экономики (создание, пользование, захоронение отходов) [↑](#footnote-ref-1)