

МИНИСТЕРСТВО ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ЭКОЛОГИИ РОССИИ

**СПРАВОЧНИК  
НАИЛУЧШИХ ДОСТУПНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ  
ПО ОБРАЩЕНИЮ С ОТХОДАМИ**

Некоммерческое партнерство  
«ЦЕНТР ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СЕРТИФИКАЦИИ –  
ЗЕЛЕННЫЕ СТАНДАРТЫ»

Москва, 2011



# Содержание

<b>1 Наилучшие доступные технологии для обращения с отходами.</b>	
<b>Установки и процессы .....</b>	<b>7</b>
1.1 Обращение с отходами .....	7
1.1.1 Цель обращения с отходами.....	7
1.1.2 Установки для обращения с отходами.....	7
1.1.2.1 Мусороперегрузочные станции.....	9
1.1.2.2 Установки, включающие биологическую переработку отходов.....	11
1.1.2.3 Установки для физико-химической очистки сточных вод.....	13
1.1.2.4 Установки для переработки золы от сжигания и остатков от очистки дымовых газов .....	15
1.1.2.5 Установки для переработки отходов, загрязненных РСВ (полихлорбифенилами) .....	15
1.1.2.6 Установки для переработки отработанных масел .....	15
1.1.2.7 Установки для переработки отработанных растворителей.....	21
1.1.2.8. Установки для переработки отработанных катализаторов, отходов от оборудования для снижения загрязнений и других неорганических отходов.....	22
1.1.2.9. Установки для переработки активированного угля и смол .....	23
1.1.2.10. Установки для переработки отработанных кислот и оснований .....	25
1.1.2.11. Установки для переработки загрязненной древесины .....	26
1.1.2.12. Установки для приготовления топлива из отходов.....	26
1.1.3. Экономические и институциональные аспекты сектора обращения с отходами.....	32
1.1.4. Общие проблемы окружающей среды, относящиеся к установкам, на которых перерабатываются отходы .....	35
1.2.1. Общие технологии, применяемые в секторе .....	43
1.2.1.1. Прием, приемлемость, возможность контроля и гарантия качества.....	43
1.2.1.2. Способы управления рисками .....	49
1.2.1.3. Энергетические системы.....	49
1.2.1.4. Хранение и манипулирование .....	50
1.2.1.5. Смешивание и приготовление смесей.....	55
1.2.1.6. Вывод из эксплуатации .....	58
1.2.1.7. Переработка мелких фракций.....	59
1.2.1.8. Уменьшение размеров.....	59
1.2.1.9. Другие общие способы.....	60
1.2.1.10. Примеры установок для обращения с отходами, применяющих только общие способы обработки.....	61
1.2.2. Биологическая обработка отходов.....	63

1.2.2.1. Анаэробное сбраживание.....	64
1.2.2.2. Механико-биологическая обработка.....	67
1.2.2.3. Биологическая обработка, применяемая для загрязненных почв.....	70
1.2.3. Физико-химическая переработка отходов.....	72
1.2.3.1. Физико-химическая обработка сточных вод.....	72
1.2.3.2. Типовые процессы, используемые при физико-химической обработке сточных вод.....	76
1.2.3.3. Физико-химическая обработка твердых отходов и избыточного ила.....	79
1.2.3.3.1. Экстракция и сепарация.....	80
1.2.3.3.2. Термическая обработка.....	80
1.2.3.3.3. Механическая сепарация.....	81
1.2.3.3.4. Кондиционирование.....	82
1.2.3.3.5. Иммобилизация.....	83
1.2.3.3.6. Обезвоживание.....	86
1.2.3.3.7. Высокотемпературная сушка.....	87
1.2.3.3.8. Сушильные установки с термической перегонкой.....	88
1.2.3.3.9. Термодесорбция.....	90
1.2.3.3.10. Паровая экстракция.....	91
1.2.3.3.11. Экстрагирование растворителем.....	91
1.2.3.3.12. Извлечение грунта и удаление загрязненной почвы.....	93
1.2.3.3.13. Промывка почвы.....	93
1.2.3.3.14. Обработка асбеста.....	95
1.2.3.3.15. Обработка нелетучего остатка.....	95
1.2.3.4. Типовые процессы, используемые при физико-химической обработке твердых отходов и осадков.....	97
1.2.3.5. Физико-химическая обработка других отходов.....	99
1.2.4. Обработка, применяемая главным образом для утилизации материалов из отходов.....	101
1.2.4.1. Регенерация отработанных масел.....	101
1.2.4.1.1. Предварительная обработка отработанных масел.....	103
1.2.4.1.2. Очистка отработанных масел.....	105
1.2.4.1.3. Фракционирование отработанных масел.....	105
1.2.4.1.4. Финишная обработка отработанных масел.....	106
1.2.4.1.5. Технологии, используемые для регенерации отработанных масел.....	107
1.2.4.2. Восстановление отработанных растворителей.....	110
1.2.4.3. Восстановление отработанных катализаторов и утилизация отходов, образующихся при очистке дымовых газов.....	113
1.2.4.4. Восстановление активированного угля.....	115
1.2.4.5. Восстановление смол.....	116
1.2.4.6. Восстановление отработанных кислот и оснований.....	116
1.2.4.6.1. Восстановление отработанной серной кислоты.....	116

1.2.4.6.2. Восстановление отработанной соляной кислоты .....	118
1.2.4.7. Переработка твердых фотографических отходов.....	118
1.2.4.8. Переработка жидких фотографических отходов.....	118
1.2.5. Виды переработки, предназначенные главным образом для производства материалов, используемых в качестве топлива .....	120
1.2.5.1. Приготовление твердого топлива главным образом из твердых отходов.....	121
1.2.5.1.1. Приготовление твердого топлива с помощью механической (и биологической) обработки из неопасных отходов .....	121
1.2.5.2. Приготовление эмульсий из жидких/полужидких опасных отходов .....	127
1.2.5.2.1. Обработка отработанных масел для использования в качестве топлива.....	129
1.2.5.2.2. Непосредственное сжигание отработанных масел .....	130
1.2.5.2.3. Умеренная переработка отработанных масел.....	131
1.2.5.2.4. Интенсивная переработка отработанных масел.....	133
1.2.5.2.5. Термический крекинг.....	136
1.2.5.2.6. Гидроочистка.....	138
1.2.5.2.7. Производство биодизельного топлива из растительных отработанных масел.....	138
1.2.5. Приготовление газообразного топлива из отходов.....	139
1.2.6. Технологии контроля и снижения негативных воздействий на окружающую среду .....	139

## **2 Наилучшие доступные технологии для обращения с отходами.**

<b>Потребление и воздействие.....</b>	<b>140</b>
2.1 Уровни потребления ресурсов и негативного воздействия.....	140
2.1.1. Уровни потребления и воздействия при обычных процессах обработки отходов .....	144
2.1.1.1. Поступающие отходы.....	144
2.1.1.2 Потребление ресурсов и реагентов.....	145
2.1.1.3 Негативные воздействия при обычных видах переработки .....	146
2.1.1.4 Целевые отходы от общих видов обработки отходов .....	160
2.1.2 Уровни потребления и воздействия при биологической обработке отходов	160
2.1.2.1 Поступающие отходы .....	160
2.1.2.2 Потребление ресурсов и реагентов при биологической обработке отходов	163
2.1.2.3 Негативные воздействия при биологической обработке отходов.....	165
2.1.2.4 Целевые отходы после биологической переработки.....	180
2.1.3. Уровни потребления и воздействия при физико-химической обработке отходов .....	185
2.1.3.1. Поступающие отходы .....	185
2.1.3.2 Потребление ресурсов и реагентов при физико-химической обработке .....	192
2.1.3.3 Негативные воздействия при физико-химической обработке отходов .....	198

2.1.3.3.1 Негативные воздействия при физико-химической очистке сточных вод .....	198
2.1.3.3.2 Негативные воздействия при физико-химической обработке твердых отходов и осадков.....	206
2.1.3.3.3 Негативные воздействия при обработке специальных отходов .....	213
2.1.3.3.4. Целевые отходы после физико-химической обработки .....	215
2.1.4 Уровни потребления и воздействия от методов обработки отходов, применяемых главным образом для утилизации содержащихся в них материалов .....	221
2.1.4.1 Поступающие отходы, используемые для получения рециклированного материала .....	221
2.1.4.2 Потребление ресурсов и реагентов в процессах обработки отходов, проводимых с целью получения рециклируемых материалов .....	230
2.1.4.3 Негативные воздействия в процессах обработки отходов, проводимых с целью получения рециклируемых материалов .....	236
2.1.4.3.1 Негативные воздействия от регенерации отработанных масел.....	236
2.1.4.3.2. Негативные воздействия от регенерации отработанных растворителей.....	252
2.1.4.3.3 Негативные воздействия от регенерации отработанных катализаторов.....	256
2.1.4.3.4 Негативные воздействия от очистки и регенерации углерода.....	257
2.1.4.3.5 Негативные воздействия от регенерации ионообменных смол.....	260
2.1.4.3.6 Негативные воздействия от обработки отработанных кислот и оснований.....	261
2.1.4.3.7 Негативные воздействия от переработки фотографических отходов .....	261
2.1.4.4. Целевые отходы (продукты) от обработки с целью рециклинга/регенерации.....	262
2.1.5 Уровни потребления и воздействия для методов обработки отходов, применяемых с целью производства топлив .....	267
2.1.5.1. Поступающие отходы, используемые для подготовки топлив.....	267
2.1.5.2. Потребление ресурсов и реагентов в процессах, используемых для приготовления топлива из отходов .....	275
2.1.5.3 Негативные воздействия при приготовлении топлива из отходов.....	278
2.1.5.4. Топливо, приготовленное из отходов .....	291
2.1.5.4.1. Топливо, приготовленное из твердых коммунальных отходов .....	292
2.1.5.4.2. Технические условия на топливо из отходов, используемое в цементных печах .....	294
2.1.5.4.3. Отработанные масла, используемые в качестве топлива.....	298
2.1.5.4.4 Системы гарантии качества.....	301
2.1.6 Уровни потребления и воздействия от используемых в сфере обработки отходов систем очистки продуктов сгорания, сточных вод и образующихся твердых отходов .....	305
2.2 Экологический мониторинг .....	309

# 1 Наилучшие доступные технологии для обращения с отходами. Установки и процессы

## 1.1 Обращение с отходами

### 1.1.1 Цель обращения с отходами

Вторичные продукты являются характерными для любого промышленного процесса, и их обычно нельзя избежать. В дополнение к этому, использование продуктов обществом ведет к отходам. Во многих случаях эти типы материалов (как вторичные продукты, так и отходы) нельзя повторно использовать с помощью других средств, и они могут стать непригодными для продажи. Эти материалы обычно передают третьим лицам для дальнейшей переработки

Причина переработки отходов не всегда бывает одной и той же, и часто она зависит от типа отходов и способа их последующего использования. Некоторые виды обращения с отходами и установки являются многоцелевыми. В этом документе рассматриваются основные цели обращения с отходами:

- снижение класса опасности отходов
- разделение отходов на отдельные компоненты, некоторые из которых или все из них можно затем передать для дальнейшего использования/переработки
- уменьшение количества отходов, которые в конечном итоге направляются для удаления
- преобразование отходов в полезный продукт.

Процессы обращения с отходами могут быть связаны с перемещением и взаимодействием веществ между средами. Например, в некоторых процессах переработки получаются жидкие стоки, направляемые в канализацию, и твердые отходы, направляемые на полигон, а другие процессы связаны с выбросами в воздух главным образом вследствие сжигания. Альтернативно отходы могут оказаться пригодными для другого пути обращения, такого как сжигание утилизированного печного топлива. Имеется также ряд вспомогательных видов деятельности, связанных с обращением с отходами, таких как прием и хранение, либо перед переработкой на участке, либо перед удалением с участка.

### 1.1.2 Установки для обращения с отходами

В этом разделе подытожен сектор обращения с отходами в ЕС. Сюда включено краткое описание выполняемых видов обращения.

Сектор отходов жестко регламентируется в ЕС. По этой причине имеются многие юридические определения обычных терминов, используемых в этом секторе (например, отходы, опасные отходы). Некоторые определения имеются в Рамочной директиве ЕС по отходам и в поправках и изменениях к ней.

В конечном итоге, отходы либо утилизируются, либо удаляются. Установки для обращения с отходами, поэтому, используются для проведения операций по утилизации или удалению отходов. Установки для обращения с отходами обычно не рассматриваются как производящие продукцию подобно другим промышленным секторам. Вместо этого считается, что они предоставляют услуги для общества при обращении с его отходами. Установка для обращения с отходами обычно занимает земельный участок, состоит из конструкций, также включает в себя и другие территории, используемые для хранения, утилизации, рециклинга, переработки или удаления отходов.

Как и в случае с классификацией типов отходов, деятельность по обращению с отходами (WT) юридически классифицируется в Приложении II Рамочной директивы по отходам. Копия этой классификации приведена в Разделе 8.1.1 этого документа вместе с примерами их применения.

Концепция установки, предназначенной для обращения с отходами, не является новой. Задолго до вступления в действие законодательства по отходами (опасным и не опасным) компании, в которых образуются отходы, уже поняли необходимость специализированного обращения и размещения своих отходов. Многие производители отходов построили и эксплуатировали свои собственные специализированные установки, (обычно местные установки).

8

Другие компании, в которых образуются отходы и которые не имеют подходящего участка или у которых не образуются достаточно большие объемы отходов, для оправдания инвестиций в установку транспортируют свои отходы за пределы участка на специализированные объекты для переработки и размещения. На такие объекты обычно ссылаются как на коммерческие, внеплощадочные объекты. Соответственно отрасль обращения с коммерческими отходами начала создавать эти внеплощадочные объекты в конце 1960-х годов. Их роль заключалась в сборе и транспортировании отходов на специализированные внеплощадочные объекты, где проводилось обращение и удаление этих отходов.

Для многих типов отходов имеется много способов, с помощью которых можно управлять отходами. Например, имеется, по крайней мере, 50 используемых на рынке технологий для обращения с опасными отходами. Объект для обращения с отходами может работать только с одной технологией, или может объединять много технологий, особенно если коммерческий объект обслуживает несколько производителей отходов.

Имеются некоторые различия между обычным коммерческим внеплощадочным объектом и объектом на площадке, специализирующимся на обращении с определенным типом отходов. Это частично вытекает из того факта, что внеплощадочный объект принимает отходы извне местной общины, в то время как на площадочном объекте происходит обращение только с теми отходами, которые образуются вследствие того, что может быть продолжительной и важной экономической деятельностью в общине. С технической точки зрения, на вне-

площадочном объекте обычно происходит обращение с широким набором отходов, и их обычно бывает больше и они более сложные.

Например, внеплощадочные объекты для отходов можно классифицировать так:

Установки, предназначенные главным образом для утилизации материалов как товарной продукции (обычно это растворители, масла, кислоты или металлы).

Установки, предназначенные для изменения физических или химических характеристик отходов, или для разложения либо уничтожения составляющих отходов, с использованием любого разнообразия физических, химических, термических или биологических методов.

Установки, предназначенные для постоянного размещения отходов на поверхности земли или ниже ее. Этот документ не охватывает такие установки.

В следующих частях этого раздела рассмотрена более специфическая собранная информация о типах установок для обращения с отходами, классифицируемых с учетом основного типа используемого вида обращения. Не все типы обращений с отходами, имеющиеся в этом документе, охвачены в этом разделе, возможно, вследствие того, что такое обращение может рассматриваться как слишком незначительное.

### ***1.1.2.1 Мусороперегрузочные станции***

Операции, проводимые на этих установках, включают в себя: прием, погрузку навалом, сортировку, перемещение в ожидании операции размещения/утилизации. В некоторых случаях на этих объектах может также проводиться составление смесей или смешивание. Мусороперегрузочные станции могут включать отдельные операции или могут быть составной частью процесса обращения с отходами.

На всех площадках обычно проводят определенный вид операций погрузки навалом для сбора твердых отходов, когда жидкости сливаются из одного контейнера в другой. Удаление жидкостей может происходить из цистерны в бак для хранения, или из частей емкостью до литра в более чем 200 литровый резервуар.

Проводимые операции обычно включают в себя осмотр, отбор проб, физическую сортировку и упаковку, слив из емкостей, смешивание, опорожнение резервуара, хранение, очистку резервуаров и в некоторых случаях удаление обтормочного материала, отверждение и измельчение масляных фильтров.

Для мусороперегрузочных станций обычно применяется разделение на две категории в соответствии с целью объекта:

- фокусирование внимания на поступающих отходах.

Эти площадки представляют собой независимые мусороперегрузочные станции, и они обычно принимают полный набор материалов. Обычно на них также ссыпают и смешивают материалы для получения ряда потоков отходов, пригодных для размещения с помощью различных методов обращения, утилизации и размещения, но они не предназначены для каких-то определенных групп

отходов. Здесь может быть отдается предпочтение определенным потокам отходов. Это, вероятно, должно быть связано с местными особенностями образования отходов и коммерческими возможностями, а не необходимостью обеспечения поставки исходного сырья для определенного последовательного процесса.

– фокусирование внимания на выходящем потоке отходов

Это соответствует площадкам, которые представляют собой систему подачи отходов в другие процессы: например, регенерация растворителей, сжигание отходов, химическая переработка. Эти площадки предназначены для специальных потоков отходов, которые можно проверить, проанализировать и увеличить объем для обеспечения устойчивой поставки исходного сырья для сопряженного процесса. На этих площадках может также происходить прием других материалов для того, чтобы предоставить полный спектр услуг для своих заказчиков. Для таких площадок имеется тенденция обращения с намного более высокой долей определенных потоков отходов, и системы приема, хранения и контроля, поэтому они предназначены для таких отходов.

Большинство операций, связанных с приготовлением отходов, можно разделить на две группы:

– *перегруппировка/модификация.*

Цель состоит в объединении отходов в группы с небольшим или средним количеством отходов, когда это отходы одной и той же природы и когда они совместимы. Впрочем, эти объединенные отходы должны подвергаться определенному виду обращения. Целью перегруппировки является получение больших и более однородных объемов для обращения с отходами, для повышения безопасности (например, облегчения обвязывания лентой) и для рационализации затрат на логистику. Сочетание процессов, используемых для приготовления отходов к переработке и операций предварительной обработки, зависит от технических условий финишной обработки.

– *предварительная обработка.*

Цель состоит в приспособлении отходов к типу утилизации и (или) размещения имеющегося заключительного вида обращения. Предварительная обработка охватывает несколько аспектов. Ее можно определить как операции, которые приводят к гомогенизации химического состава и (или) физических характеристик отходов. В результате предварительной обработки получают отходы, которые могут значительно отличаться от начальных отходов с нормативной точки зрения. В конце процесса предварительной обработки предварительно обработанные отходы должны соответствовать химическим и физическим техническим условиям, которые установлены конечными потребителями.

Деятельность по группированию и предварительной обработке может быть локализована на той же самой площадке, что и конечная обработка, на площадке образования отходов или на определенном предназначенном месте. Тем не менее, независимо от места, рабочие процессы те же самые.

В *табл. 1.1* приведено количество мусороперегрузочных станций и их производительность в различных европейских странах.

Примечание: цифры в этой таблице могут не отражать реальное количество станций или производительность. Основные причины этого состоят в том, что рынок настолько динамичен, что количества меняются быстро и (или) поскольку не были предоставлены данные TWG. Клетки без цифр означают, что не была предоставлена информация.

### 1.1.2.2 Установки, включающие биологическую переработку отходов

Если обратиться к главе области действия этого документа, то в ней охвачена биологическая переработка отходов. Однако отметим, что данные, содержащиеся в табл. 1.2, относятся ко всем видам биологической переработки, включая те, которые не охвачены областью действия. Причина этого состоит в том, что имеющиеся статистические данные обычно относятся к национальным данным, и трудно выделить информацию только об установках, охваченных в области действия этого документа.

Таблица 1.2 УСТАНОВКИ ДЛЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ

Страна	Количество известных установок		Известная производительность (кг/год)	
	Опасные	Неопасные	Опасные	Неопасные
Бельгия	5	У		
Дания	1	0		0
Германия	57	200		
Греция	0	У	0	
Испания	3	У	140	
Франция	0	У	0	
Ирландия	1	У		
Италия	74	3		180
Люксембург	0	У	0	
Нидерланды	7	У		
Австрия	8	16 <sup>1</sup>	103	7061
Португалия	1	9	88	514
Финляндия	20	41	98	305
Соединенное Королевство		У		
Исландия	0	173		
Норвегия	0	0	0	0
ИТОГО	177	442	429	1705

У – существуют, но данные не имеются.

<sup>1</sup> Данные соответствуют только МВТ

Таблица 1.1 МУСОРОПЕРЕГРУЗОЧНЫЕ СТАНЦИИ

Страна	Количество известных станций		Известная производительность (т/год)	
	Опасные	Неопасные	Опасные	Неопасные
Бельгия	10			
Дания	0		0	
Германия	125			
Греция	6			
Испания	68			
Франция			3000	
Ирландия	12			
Италия	0		0	
Люксембург	1			
Нидерланды	2			
Австрия	16			
Португалия	5	143	3975 м <sup>3</sup>	Y
Финляндия	5	0 <sup>1</sup>	58	0
Соединенное Королевство	439	2073		
Исландия	0		0	
Норвегия	0		0	
<b>ИТОГО</b>	<b>689</b>	<b>2216</b>		

Y – существуют, но данные отсутствуют

<sup>1</sup>Станции для неопасных отходов, иные, чем объекты, где отходы разгружаются для того, чтобы была возможность их подготовки для дальнейшего обращения.

*Примечание:* количественные данные в этой таблице могут не отражать реальное количество установок или производительность. Основные причины состоят в том, что рынок настолько динамичен, что количества меняются быстро (или) потому, что не были представлены данные TWG для всех конкретных тем. Клетки без цифр означают, что информация не была предоставлена.

Данные в этой таблице соответствуют всем типам биологической переработки, а не только тем, которые находятся в области действия этого документа. Поэтому количество установок, охваченных этим документом, должно быть меньше, чем количества, отраженные в этой таблице.

В Финляндии имеется 561 установка для очистки сточных вод, в которых происходит также обработка осадков септических емкостей. Имеется 41 установка (27 аэробных и 14 анаэробных) для переработки неопасных отходов. Помимо установок для неопасных отходов, упомянутых в табл. 1.2, имеется также 129 установок для компостирования с общей производительностью 542 тыс. тонн/год.

В некоторых странах (например, Соединенном Королевстве и Италии) биологическую переработку проводят главным образом компании, исполь-

зующие существующие мощности сооружений по очистке сточных вод. По имеющейся оценке потенциально имеется порядка 30 установок. Объемы перерабатываемых отходов малы, обычно менее, чем 1% от объемов, поступающих на очистные сооружения, но в некоторых случаях это представляет значительную нагрузку по ХПК (в одном случае 50% от общего ХПК, поступающего на очистные сооружения). Однако этот тип обработки под вопросом, поскольку имеется возможность разбавления загрязняющих веществ, а также загрязнения осадков сточных вод, поступающих от такого вида обработки.

### **1.1.2.3 Установки для физико-химической очистки сточных вод**

В этом разделе представлен большой диапазон процессов, которые классифицируются как "химическая обработка". Они изменяются от систем смешивания без реальных химических взаимодействий до сложных установок с рядом вариантов переработки, которые спроектированы для определенных потоков отходов.

Процесс предназначен для очистки сточных вод (загрязненных, например, кислотами/щелочами, металлами, солями, осадками), но обычно принимают ряд органических материалов, а также сбросы с технологических установок промывки и ополаскивания, остатки от разделения нефти от воды, остатки от очистки отходов, сбросы коллекторов сточных вод и т.д. В этом потоке могут содержаться почти все промышленные материалы. Вероятно, что процесс обработки будет оказывать некоторое воздействие на органические материалы, например, вследствие некоторого химического окисления ХПК, при котором некоторые органические материалы могут адсорбироваться или уноситься с осадками, или при обработке эмульсий, когда часть органического содержимого может отделиться от водной фазы.

Эти системы обработки удаляют и (или) подвергают детоксикации опасные составляющие, растворенные или взвешенные в воде вещества. Выбор и последовательность типовых процессов будут определяться характеристиками поступающих отходов и требуемым качеством стоков. Пример установки для физико-химической обработки сточных вод обычно включает в себя следующие типовые процессы: деструкцию цианидов, восстановление хрома, двухстадийное осаждение металлов, корректировку pH (например, нейтрализацию), фильтрацию твердой фазы, адсорбцию углерода, обезвоживание осадков, коагуляцию/флокуляцию и др.

*Примечание:* количества таблице 1.3 могут не отражать реальное количество установок или производительность. Основные причины состоят в том, что рынок настолько динамичен, что количества меняются быстро и (или) потому, что не были представлены данные TWG для всех конкретных тем. Клетки без цифр означают, что информация не была предоставлена.

Физико-химическая обработка (очистка) сточных вод обычно связана с разделением отходов на другой тип отходов (обычно твердых) и водные стоки, которые обычно не рассматривают как отходы, так как это часть другого законодательства.

Таблица А1.3 УСТАНОВКИ ДЛЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ОТХОДОВ

Страна	Количество известных установок		Известная производительность (кг/год)	
	Опасные	Неопасные	Опасные	Неопасные
Бельгия	8	У		
Дания	4	У		
Германия	249	9000		
Греция	0	0	0	0
Испания	49		901	
Франция	19	У	301	
Ирландия	4	У		
Италия	147	У		
Люксембург	1	0		0
Нидерланды	30	0		0
Австрия	33	У	515	
Португалия	2	У	22000 м <sup>3</sup>	
Финляндия	36	0 <sup>1</sup>	144	0
Соединенное Королевство	32	289		
Исландия	0	0	0	0
Норвегия	4	У		
ИТОГО	618	9289	1883	

У – существуют, но данные не имеются.

<sup>1</sup> Для этой операции нет установок для неопасных отходов.

Установки для физико-химической обработки используются средними и малыми компаниями, включая коммерческие предприятия. Эти предприятия в будущем должны будут принимать на себя обязательство (в рамках производственного процесса) принимать обязательство по приему отходов, доступных для переработки на установках физико-химической обработки, что для предприятий торговли и промышленности облегчает правильное удаление отходов и снижает экономическую.

*Можно идентифицировать следующие основные конфигурации:*

Собственные установки компании для физико-химической обработки. Они специализированы для обработки отходов, образующихся в компании.

Обычно доступные установки для физико-химической обработки (обслуживающие установки). Они пригодны для переработки отходов, образующихся в некоторых регионах.

#### **1.1.2.4 Установки для переработки золы от сжигания и остатков от очистки дымовых газов**

В течение процессов сжигания могут образовываться твердые отходы. Такие твердые отходы обычно называются "золой". Зола бывает двух типов: один называют "нелетучий остаток", обычно извлекаемый на поду камеры сжигания, другой, называемый "летучая зола", состоит из мелкодисперсных фракций и уносится с дымовыми газами. Этот последний тип обычно извлекается с помощью оборудования для очистки дымовых газов. Такое оборудование применимо не только для летучей золы, но также для извлечения других загрязняющих веществ из дымовых газов. При этом могут образовываться различные типы отходов. В этом разделе содержится описание таких установок, в которых перерабатываются разнообразные отходы, образующиеся в процессах сжигания, а также в других процессах очистки дымовых газов.

Зола от сжигания и остатки от очистки дымовых газов являются одним из основных потоков отходов, обрабатываемых с помощью процессов стабилизации и отверждения, либо в установке для сжигания (например, в некоторых инсинераторах), либо на установках для обработки отходов. Другими методами являются очистка и рециклинг некоторых компонентов (например, солей). Применяется также и метод переработки золы от сжигания путем плавления золы в плазме при очень высоких температурах для того, чтобы стекловать структуру. Одна такая установка существует во Франции с общей производительностью 3,5 тыс. тонн/год.

#### **1.1.2.5 Установки для переработки отходов, загрязненных РСВ (полихлорбифенилами)**

Сжигание отходов является наиболее доступной и используемой технологией для деструкции РСВ. Полная деструкция РСВ с помощью сжигания происходит только определенных условиях (например, при высокой температуре и большом времени пребывания). Сжигание отходов в следствие высоких затрат недоступно для многих стран, поэтому они используют альтернативные технологии.

#### **1.1.2.6 Установки для переработки отработанных масел**

Отработанные смазочные масла можно утилизировать до качества, по существу, равного некоторым группам исходных масел, используемых для производства смазочных масел (некоторые исходные масла групп III и редко IV содержат регенерированные масла). На этот процесс обычно ссылаются как на "регенерацию масел".

- Утилизация масел из отходов обычно является частью отрасли отходов. Имеются лицензированные участки, которые специализируются в утилизации масел из различных потоков отходов. В дополнение к этому, на ряде установок для химической переработки и мусороперегрузочных станциях имеются установки для отделения масел, на которых проводится первое отделение масла от

воды перед отправлением масляного слоя с помощью специальной установки для дальнейшей переработки. Некоторые факторы, определяющие этот сектор, таковы:

- компании, которые обслуживают определенный промышленной сектор, имеют склонность предлагать общие услуги в сфере отходов, что может включать в себя отработанные масла;
- компании, которые собирают отработанные смазочные масла в гаражах, вероятно, собирают также масляные фильтры, масло рулевого управления, тормозное и трансмиссионное масло, антифриз и аккумуляторы;
- компании, работающие с трансформаторными маслами, обычно собирают и масла с небольшими количествами РСВ;
- на некоторых установках для химической и биологической переработки проводятся маломасштабные работы как часть их подготовительных процессов. Это обычно простые системы гравитационного разделения.

Имеется большое количество специализированных установок для переработки масел в странах ЕС. Некоторые компании осуществляют простые операции очистки, удаления отложений и воды из отработанных масел.

В отношении отработанных масел применяется два типа переработки. Один относится к использованию их в качестве топлива, а другой соответствует регенерации того, что частично (обычно на 50-60%) можно повторно использовать в качестве исходного масла для смазочных масел. У переработчиков масел существуют обширные характерные знания об их операциях.

Имеется большое разнообразие процессов, защищенных лицензий, предлагающих различные способы обращения с отработанными маслами. Существует четыре основных процесса, используемых для переработки отработанных масел: смешивание, сепарация, химическая обработка, дистилляция и крекинг.

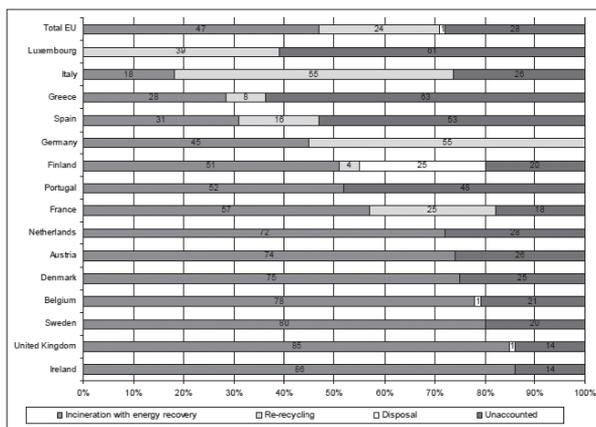
Во всех процессах обращения с отработанными маслами в различной степени происходит утилизация потребительской ценности и теплотворной способности масел. Двумя основными используемыми способами являются регенерация и прямое сжигание (главным образом на цементных заводах), на каждый из которых приходится около 30% общего утилизируемого количества. Два других метода, на которые вместе приходится остальная треть, это переработка и восстановление. Последний метод в основном используется для масел, используемых в гидравлических системах.

Между переработчиками уровень знаний о маслах заметно отличается. Отчасти вследствие того факта, что отработанные масла являются чрезвычайно сложным и изменчивым материалом с высоким потенциальным диапазоном состава индивидуальных компонентов, которые не все в настоящее время упорядочены по категориям.

Имеющиеся в настоящее время данные в отношении управления отработанными маслами в Европе незначительны, в особенности в отношении регенерации. Согласно данным из этого сектора в 1993 г., собранные отработанные масла

распределялись между прямым сжиганием (32%), регенерацией до исходных масел (32%), переработкой до промышленного топлива (25%) и восстановлением специальных промышленных масел (11%). Эти процентные показатели, однако, с того времени значительно изменились, что показано на следующей диаграмме.

Рисунок 1.1 УПРАВЛЕНИЕ ОТРАБОТАННЫМИ МАСЛАМИ В ЕС В 1999 Г



Пояснения к рисунку:

*TotalES* – Итого в ЕС; *Incineration with energy recovery* – Сжигание с утилизацией энергии; *Re-recycling* – вторичный рециклинг; *Disposal* – удаление; *Unaccounted* – Не учтено

Около 220 тыс. тонн регенерированных исходных масел было произведено в 2000 г., согласно [7, MonierandLabouze, 2001], что составляет менее 5% от общей потребности в исходном масле в Европе.

В последние годы уровень проводимой регенерации значительно снизился в некоторых странах ЕС, которые были пионерами в использовании. Это такие страны как Франция, Германия, Италия и Соединенное Королевство. Процессы регенерации сдерживаются в связи с тем фактом, что в некоторых странах появляются новые проекты (Франция, Германия, Италия, Испания).

Подтвержденная установленная производительность по исходному материалу для регенерации исходных масел по всей Европе составляет свыше 550 тыс. тонн/год, с установками мощностью от 35 до 160 тыс. тонн/год. В настоящее время во всем мире имеется около 400 установок для регенерации, общей мощностью 1800 тыс. тонн/год. Хотя большая часть этих установок расположена в Восточной Азии (Индия, Китай и Пакистан), их индивидуальная мощность в основном низкая, в среднем около 2 тыс. тонн/год. Большинство из этих установок использует кислоты/глину. Имеется небольшое количество установок, на которых производится регенерированное исходное масло хорошего качества, или качество которого соответствует экологическим требованиям.

Таблица 1.4 УСТАНОВКИ ДЛЯ РЕГЕНЕРАЦИИ ОТРАБОТАННЫХ МАСЕЛ  
В ЕВРОПЕЙСКИХ СТРАНАХ

Страна	Количество известных установок	Известная мощность (тыс. т/год)
Бельгия	2	45
Дания	1	40
Германия	8	770
Греция	1	40
Испания	2	69
Франция	2	200
Ирландия	0	0
Италия	7 <sup>1</sup>	273 <sup>1</sup>
Люксембург	0	0
Мальта	2	2,4
Нидерланды	0	0
Австрия	0	0
Польша	1	80
Португалия	0	0
Финляндия	5	88
Швеция	0	0
Соединенное Королевство	32	52
Югославия	1	
<b>ИТОГО</b>	<b>35</b>	<b>1612,4</b>

<sup>1</sup> Две установки в настоящее время не работают. Мощность двух не работающих установок составляет 25 тыс. т/год

<sup>2</sup> Член TWG выражает сомнения по поводу этих значений.

Примечание: количества в этой таблице могут не отражать реальное количество установок или производительность. Основные причины состоят в том, что рынок настолько динамичен, что количества меняются быстро и (или) потому, что не были представлены данные TWG для всех конкретных тем. Клетки без цифр означают, что информация не была предоставлена.

Подготовка отработанных масел для использования в качестве топлива. Около 50% отработанных масел (т.е. отходов от очистки судов и резервуаров, отработанных масел от сепараторов масла и воды, отработанных масел от эмульсий и т.д.) не является отработанными смазочными маслами или не может регенерироваться в исходное масло. Эти отработанные масла можно преобразовать в другие нефтепродукты (например, топливо).

Около 50% отработанных масел было использовано в ЕС в качестве топлива в 1999 г. Около 400 тыс. тонн отработанных масел было сожжено в цементных печах на европейском уровне, что составляет около 17% общего количества отработанных масел и 35% от сожженных отработанных масел, причем доли заметно различаются между странами. Это основной метод используе-

мый во Франции, Греции и Швеции. Другой метод используется в Австрии, Бельгии, Италии и Соединенном Королевстве. В то же время имеются некоторые другие сектора в ЕС, использующие отработанные масла в качестве топлива, это:

- доменные печи, как замена кокса (например, Бельгия)
- печи для обжига кирпича (например, Испания)
- печи для обжига керамики (например, Испания)
- крупные установки для сжигания (например, Испания)
- печи для обжига извести (например, Испания, Бельгия)
- крекинг-установки для производства новых топлив (например, в Бельгии в соответствии с узаконенным стандартом)
- приемные сооружения в портах, где отработанные масла преобразуются в топливо для судов (например, Мальта)
- инсинераторы отходов (например, 2 тыс. тонн опасных отходов сожжено в Бельгии)
- обогреватели зданий (например, станции обслуживания, теплицы и т.д.)
- асфальтовые заводы.

Два последних применения больше не используются во Фландрии (Бельгия) вследствие более жестких природоохранных норм, вступивших в силу в январе 1999 г. В табл. 1.5 указано количество отработанных масел, сожженных в некоторых странах ЕС.

**Таблица 1.5 ОБЪЕМЫ ОТРАБОТАННЫХ МАСЕЛ, СЖИГАЕМЫХ В ЕС ЗА ГОД**

Варианты сжигания	Количество отработанных масел (тыс. т)	%
Цементные печи	307	42
Смешение с мазутом	213	29
Прочее	120	16
Сжигание отходов	52	7
Варианты сжигания	Количество отработанных масел (тыс. т)	%
Обогреватели гаражей	40	6
<b>ИТОГО</b>	<b>732</b>	<b>100</b>

*Данные относятся только к Дании, Финляндии, Франции, Германии, Италии, Нидерландам, Норвегии, Испании и Соединенному Королевству.*

Примечание: Получение полного набора данных об объемах отработанных масел, сожженных во всех странах ЕС, в этом исследовании было затруднено, так как подробности о вариантах сжигания не были последовательно зарегистрированы.

Имеется также значительный объем вод, загрязненных маслами, и собираемых для утилизации. Эти отходы не пригодны для использования, но они перерабатываются с тем, чтобы в максимальной степени утилизировать углеводороды для использования в качестве топлива. В табл. 1.6 приведены некоторые иллюстрации о проведении такой деятельности.

**Таблица 1.6 УСТАНОВКИ, НА КОТОРЫХ ОТРАБОТАННЫЕ МАСЛА ИСПОЛЬЗУЮТСЯ В КАЧЕСТВЕ ТОПЛИВА, ИЛИ ОНИ ПЕРЕРАБАТЫВАЮТСЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ТОПЛИВА**

Страна	Количество известных установок			Известная мощность (тыс. тонн/год)		
	Прямое сжигание отработанных масел	Топливо из переработанных отработанных масел	Неопасные масла	Прямое сжигание отработанных масел	Топливо из переработанных отработанных масел	Неопасные масла
Бельгия	1	10				
Дания	4	У				
Германия	12	1		310	100	
Греция	0					
Испания	4	У	1			
Франция	60			725		
Ирландия		У				
Италия	2					
Люксембург	0	0		0	0	
Мальта	0	1		0	477	
Нидерланды		У				
Австрия	4	0	0		0	0
Португалия	У	У	1			
Финляндия	3	4	1	155	5475	0,2
Швеция	2	3				
Соединенное Королевство	160	У				
<b>ИТОГО</b>	<b>252</b>	<b>19</b>	<b>3</b>	<b>1190</b>	<b>159,2</b>	<b>0,2</b>

У: существует, но данные отсутствуют

Примечание: количества в этой таблице могут не отражать реальное количество установок или производительность. Основные причины состоят в том, что рынок настолько динамичен, что количества меняются быстро и (или) потому, что не были представлены данные TWG для всех конкретных тем. Клетки без цифр означают, что информация не была предоставлена.

В рамках законодательства ЕС незаконно размещать отработанные масла на полигонах, коллекторах ливневых вод или сточных вод. В некоторых случаях отработанные масла применяются на грунтовых дорогах для подавления пыли в некоторых сельских районах. Около 25% отработанных масел в ЕС было удалено без учета в 1999 г.

### **1.1.2.7 Установки для переработки отработанных растворителей**

Растворители широко используются в химических и биологических процессах. В течение этих процессов образуются отработанные растворители, и они подвергаются рециклингу самим отходообразователем. Такая переработка является составной частью химических/биологических процессов, и она отражена в различных документах BREF. Однако по экономическим и техническим причинам иногда отработанные растворители поставляются третьей стороне для переработки. В некоторых случаях продукт переработки возвращается производителю отходов, а в других случаях этого не происходит.

Отработанные растворители образуются также при поверхностной обработке на основе растворителей (такой как очистка или обезжиривание во многих различных отраслях промышленности и на установках для химической чистки). В большинстве случаев загрязненные растворители или кубовый остаток дистилляционных установок (содержание растворителя 1-10% в случае замкнутых установок для чистки с внутренними дистилляционными системами) поставляются на установки для отгонки растворителей и регенерируются. Качество продуктов дистилляции такое же, что и у новых растворителей.

В соответствии с Рамочной директивой по отходам, первым вариантом для отработанных сольвентов, как и для всех остальных отходов, является то, что они должны подвергаться рециклингу. Это оказывает помощь для создания активного рынка рециклинга растворителей. Подобно отработанным маслам отработанные растворители, которые не пригодны для регенерации вследствие определенного состава или вследствие очень низкой степени чистоты, можно также утилизировать в качестве вспомогательного жидкого топлива (SLF), например, в цементной промышленности и в установках для сжигания опасных отходов. Основное различие с отработанными маслами состоит в том, что качество отработанных растворителей намного лучше, чем качество отработанных масел.

На установках для регенерации растворителей отделяются загрязняющие вещества из отработанных растворителей, и, таким образом, восстанавливается растворитель до своего первоначального качества или это может быть продукт более низкого сорта (например, в случае разбавителя лака). Дистилляция (периодическая, непрерывная или паровая) используется большинством переработчиков промышленных растворителей, и обычно при этом утилизируется около 75% отработанных растворителей. Остаток, известный как “кубовый остаток” может быть жидким или в виде осадка, в зависимости от ряда условий. При этом с ним необходимо обращаться как с опасными отходами. Другие технологии сепарации, используемые переработчиками растворителей, включают в себя: фильтрацию, простое испарение, центрифугирование и выпаривание.

Таблица 1.7 УСТАНОВКИ ДЛЯ ОТРАБОТАННЫХ РАСТВОРИТЕЛЕЙ  
В ЕВРОПЕЙСКИХ СТРАНАХ

Страна	Количество известных установок	Известная мощность (тыс. т/год)
Бельгия	5	>8
Дания	0	
Германия	21	
Греция	3	
Испания	14	64
Франция	27	90,7
Ирландия	2	
Италия	2	
Люксембург	0	
Нидерланды	8	
Австрия	2	
Португалия	1	10000м <sup>3</sup>
Финляндия	4	11
Соединенное Королевство	8	>12
Исландия	0	
Норвегия	11	
ИТОГО	108	185,7

Примечание: количества в этой таблице могут не отражать реальное количество установок или производительность. Основные причины состоят в том, что рынок настолько динамичен, что количества меняются быстро и (или) потому, что не были представлены данные TWG для всех конкретных тем. Клетки без цифр означают, что информация не была предоставлена.

### 1.1.2.8. Установки для переработки отработанных катализаторов, отходов от оборудования для снижения загрязнений и других неорганических отходов

Переработка отработанных катализаторов зависит от типа катализатора (каталитически активного вещества и подложки или носителя), а также включенных побочных продуктов от процесса катализа. Такого вида обработка включает в себя: регенерацию катализаторов, которые будут повторно использоваться как катализаторы, рециклинг компонентов катализатора и размещение на полигонах. Примером установки является австрийская установка для утилизации никеля из катализаторов пищевой промышленности (сплав Fe/Ni).

Гидрометаллургическая технология может использоваться для экстрагирования и концентрации металлов из жидких отходов. Для не жидких отходов сначала требуется растворение.

На Мальте имеется два участка для подземного хранения и один наземный.

**Таблица 1.8 УСТАНОВКИ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ОТРАБОТАННЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ, ОТХОДОВ ОТ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЙ И ДРУГИХ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ В ЕВРОПЕЙСКИХ СТРАНАХ**

Страна	Обработка отработанных катализаторов		Обработка других неорганических отходов (за исключением металлов и соединений металлов)		Утилизация отходов от оборудования для снижения загрязнений	
	Количество известных установок	Известная мощность (тыс. т/год)	Количество известных установок	Известная мощность (тыс. т/год)	Количество известных установок	Известная мощность (тыс. т/год)
Бельгия	0	0	13		1	
Дания	0	0	3		1	
Германия	1		63		2	
Греция	5		0	0	0	0
Испания	0	0	6	195	15	3
Франция	4	4,9	0	0	0	0
Ирландия	4		0	0	0	0
Люксембург	0	0	0	0	0	0
Мальта			3			
Нидерланды	2		17		1	
Австрия	3		14		0	0
Португалия	0	0	0	0	0	0
Финляндия <sup>1</sup>	0	0	9	3	0	0
Исландия	0	0	0	0	0	0
Норвегия	2		1		0	0
ИТОГО	20	4,9	129	198	20	3

<sup>1</sup> Не включена переработка 1 млн. ламп, содержащих ртуть.

Примечание: количества в этой таблице могут не отражать реальное количество установок или производительность. Основные причины состоят в том, что рынок настолько динамичен, что количества меняются быстро и (или) потому, что не были представлены данные TWG для всех конкретных тем. Клетки без цифр означают, что информация не была предоставлена.

### 1.1.2.9. Установки для переработки активированного угля и смол

Большая часть отходов активированного угля и смол является результатом процессов очистки воды. Очень трудно оценить производительность регенерации во всей Европе, по большей части вследствие того факта, что многие операторы регенерируют свои адсорбенты на участке (часто спорадически), а не направляют их на крупные установки для восстановления.

Активированный уголь используется в трех основных применениях: очистке питьевой воды; в пищевой и безалкогольной промышленности, например, для обесцвечивания при рафинировании сахара и в промышленности, например, для удаления летучих органических соединений из процессов технологической очистки.

Например, уголь, который применяется в промышленности (“промышленный уголь”), для очистки стоков, требует более жесткой системы очистки дымовых газов, чем уголь, используемый для очистки питьевой воды, или тот, который используется в пищевой промышленности.

В определенный момент технологического процесса уголь должен стать истощенным материалом, за счет адсорбции. После этого уголь должен регенерироваться, или если это невозможно, удаляться. Выбор пути применения, естественно, определяется экономикой и масштабом. При очистке питьевой воды уголь используется в больших количествах, и он состоит из крупных угольных пластов в емкостях, облицованных бетоном с открытым верхом. При этих процессах уголь эксплуатируется несколько лет. При регенерации отработанного угля то приходится перерабатывать его в больших количествах. Этот подход имеет применение в Соединенном Королевстве и является самым обычным с точки зрения объемов. Отработанный уголь регенерируется либо на участке образования или транспортируется на регенерацию коммерческим оператором. В сложившихся условиях рынка имеется тенденция к росту количества установок для регенерации, предназначенных чисто для “собственных” нужд, которые в настоящее время предлагают коммерческие услуги по регенерации.

Имеется, по крайней мере, 19 участков в Европе для регенерации активированного углерода вне площадок. Оцененное количество представлено в следующей табл. 1.9.

Таблица 1.9 УСТАНОВКИ ДЛЯ РЕГЕНЕРАЦИИ АКТИВИРОВАННОГО УГЛЕРОДА В ЕВРОПЕЙСКИХ СТРАНАХ

Страна	Количество известных установок	Известная мощность (тыс. тонн/год)
Бельгия	2	
Германия	3	
Франция	1	
Италия	5	
Нидерланды	1	
Австрия	1	
Финляндия	1	
Швеция	1	
Соединенное Королевство	4	
<b>ИТОГО</b>	<b>19</b>	<b>&gt;50</b>

Самыми распространенными печами для регенерации являются вращающиеся печи с непосредственным нагревом и многоподовые печи. Иногда используются вращающиеся печи с косвенным нагревом, с кипящим слоем, вертикального трубчатого типа и инфракрасного нагрева. Тип печей для регенерации гранулированного активированного углерода (ГАС), используемых в мире в начале 1990-х годов, показан в табл. 1.10.

Таблица 1.10 ТИП ПЕЧЕЙ ДЛЯ РЕГЕНЕРАЦИИ ГАС, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В МИРЕ

Тип печей для регенерации ГАС	Количество установок
Многоподовая печь	>100
Кипящий слой	<20
Вращающаяся печь с косвенным нагревом	>50
Вращающаяся печь прямого нагрева	<30
Вертикальный трубчатый тип	<30
Инфракрасные печи (горизонтальные и вертикальные)	<9

Количественных данных для регенерации ионообменных смол не имеется.

### 1.1.2.10. Установки для переработки отработанных кислот и оснований

В ЕС имеется несколько установок, на которых проводится регенерация HCl. Не было идентифицировано установок для утилизации HBr. Отработанная серная кислота может регенерироваться следующими способами:

- продукт термического разложения отработанной, использованной или регенерируемой серной кислоты используется как основной или дополнительный источник SO<sub>2</sub> в контактном методе получения серной кислоты (каталитического окисления четырехвалентной серы до шестивалентной и абсорбции его). Этот способ охвачен в BREF LVIC (AAF), как и в любом процессе, в котором образуется SO<sub>2</sub> в качестве исходного сырья при разложении/обжиге.
- процесс, основанный на реконцентрации слабой, использованной или отработанной серной кислоты с отделением или без отделения потенциальных примесей (например, солей). Он должен быть включен в этом документе.
- промышленные процессы, в которых используется серная кислота и включается рециклинг отработанной серной кислоты как составная часть процесса. Они должны быть охвачены в BREF, в котором включен индивидуальный процесс (например, BREF LVIC- твердые и другие для производства диоксида титана)

Таблица 1.11 УСТАНОВКИ ДЛЯ РЕГЕНЕРАЦИИ ОТРАБОТАННЫХ КИСЛОТ ИЛИ ОСНОВАНИЙ

Страна	Количество известных установок	Известная мощность (тыс. т/год)
Бельгия	1	
Дания	1	
Германия	2	
Греция	0	
Испания	1	42
Франция	3	2
Ирландия	1	
Люксембург	0	
Нидерланды	0	

Страна	Количество известных установок	Известная мощность (тыс. т/год)
Австрия	4	
Португалия	0	
Финляндия	0	
Исландия	0	
Норвегия	0	
<b>ИТОГО</b>	<b>13</b>	<b>44</b>

Утилизация кислот обычно связана с отделением непрореагировавшей кислоты от отработанной кислоты, такой как отработанный травильный раствор, образующийся в черной металлургии. Один метод, используемый в черной металлургии, связан с охлаждением серной кислоты для осаждения соединений двухвалентного железа. В другом методе серная кислота регенерируется с помощью инъекции в струйную сушилку.

#### **1.1.2.11. Установки для переработки загрязненной древесины**

В некоторых случаях загрязненная древесина подвергается прямому сжиганию. В других случаях загрязненная древесина термически перерабатывается с помощью карбонизации/пиролиза. Однако в некоторых случаях используемая переработка сконцентрирована на экстракции тяжелых металлов из твердых остатков, образующихся при карбонизации загрязненной древесины – эти процессы охвачены в данном документе. Одна установка эксплуатируется во Франции.

#### **1.1.2.12. Установки для приготовления топлива из отходов**

В настоящее время имеется несколько факторов, стоящих в основе концепции использования отходов в качестве топлива в процессах сжигания:

- рамочная директива по отходам с поправками и изменениями к ней направляют иерархию обращения с отходами. Она отдает предпочтение рециклингу и утилизации (включения использование отходов в качестве источника энергии)
- нормативные документы в секторе отходов, такие как Директива "об отходах упаковки", Директива "о вышедших из эксплуатации транспортных средств", Директива "об отходах электротехнического и электронного оборудования", Директива "о сжигании отходов", "каталог отходов", Директива "об опасных веществах" и Директива "об опасных составах"
- полигонная директива запрещает депонирование отходов с высоким содержанием биоразлагаемых материалов. Поэтому имеется необходимость в установлении альтернативных способов для переработки соответствующих фракций отходов. Совместное сжигание является одним из выбранных способов среди других (например, сжигание, механико-биологическая обработка)

- в рамках требований Киотского протокола во всем мире должны быть снижены выбросы парниковых газов. Совместное сжигание фракций отходов как замена обычных топлив может стать выбором для снижения выбросов парниковых газов

- либерализация энергетического рынка усиливает экономическое давление на производителей/потребителей энергии. Совместное сжигание отходов открывает новую возможность бизнеса для них, что делает работу установок для сжигания более привлекательной в экономическом отношении

- снижение затрат на топливо, используемое в процессах сжигания.

Термин "топливо из отходов" используется в этом документе для всех типов материалов отходов, которые готовятся для использования в качестве топлива в любом процессе сжигания. Топливо из отходов может быть газообразным, жидким или твердым. Например, жидкое топливо из отходов предназначенное для использования в процессе сжигания, влияет на способ приготовления топлива из отходов. Например, некоторые виды жидкого топлива из отходов можно готовить с помощью смешивания различных отходов, которые имеют высокую теплотворную способность, и подавать их независимо в камеру сгорания, или их можно смешивать с обычными видами топлива (например, отработанные масла и печное топливо). Некоторые жидкие отходы, например, масла обычно нуждаются в предварительной подготовке для удаления кубовых остатков, отложений и воды. Это можно достигнуть с помощью сепарации и обезвоживания.

Некоторые процессы сжигания, в которых могут использоваться отходы как часть топлива, представляют собой установки сжигания для производства тепловой и (или) электрической энергии, судовые двигатели, цементные печи, доменные печи в черной металлургии, печи для обжига кирпича в производстве керамики, печи для обжига извести и для производства асфальта. Тип используемой печи или котла, условия сжигания (например, температура), при которой должен проходить процесс, воздействие на выбросы или продукты или тип топлива, уже используемого, оказывают сильное влияние на то, какой тип отходов может быть приемлемым и каким образом готовить топливо из отходов.

**Целью этих установок является гарантия следующих аспектов:**

- оптимизация экономической ценности отходов для предотвращения их депонирования

- качество термической деструкции

- обеспечение требуемых физико-химических свойств топлива из отходов для конечного потребителя.

- Основные принципы производства топлива из отходов следующие:

- химическое и физическое качество топлива должно соответствовать любым техническим условиям или нормам, обеспечивающим защиту окружающей среды, защиту процесса, протекающего в печи и качество производимых материалов, когда процесс сжигания с использованием топлива из отходов, связан с производством продукции (например, цемента)

- запас энергии и минеральное содержание должны оставаться стабильными для возможности оптимальной подачи в печь
- физическая форма должна позволить безопасное и надлежащее управление, хранение и подачу.

**Таблица 1.12 УСТАНОВКИ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ОТХОДОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В КАЧЕСТВЕ ТОПЛИВА**

Страна	Количество известных установок		Известная мощность (тыс. т/год)	
	Опасные	Неопасные	Опасные	Неопасные
Бельгия	12	У		
Дания	4	13		
Германия	16	34		
Греция	0	0		
Испания	33	5	204	
Франция	54	У	542	1400
Ирландия	2	У		
Италия		27		
Люксембург	0	У		
Нидерланды	1	У		
Австрия	8	10		
Португалия	0	У		165
Финляндия	7	37	106	800
Швеция	У	У		
Соединенное Королевство	У	У		
Исландия	1	У		
Норвегия	2	У		
<b>ИТОГО</b>	<b>140</b>	<b>126</b>	<b>852</b>	<b>4445</b>

У – существуют, но данные не имеются.

Примечание: количества в этой таблице могут не отражать реальное количество установок или производительность. Основные причины состоят в том, что рынок настолько динамичен, что количества меняются быстро и (или) потому, что не были представлены данные TWG для всех конкретных тем. Клетки без цифр означают, что информация не была представлена.

Приготовление муниципальных твердых отходов для использования в качестве топлива. Нынешняя наилучшая оценка количества твердых утилизируемых топлив, производимых и потребляемых в Европе, составляет около 1,4 млн. т/год, как установлено ниже.

Таблица 1.13 РЕЗЮМЕ ЕВРОПЕЙСКОГО РЫНКА ТВЕРДЫХ УТИЛИЗИРУЕМЫХ ТОПЛИВ В 2000 Г. В ЕВРОПЕ

Страна	Производители	Производство		Потребление		-Экспорт/Импорт+		СК
		тыс.т/год	тнэ/год	тыс.т/год	тыс.т/год	тнэ/год	тыс.т/год	
Бельгия	7	<100	<50000	<100	<50000	п.а.	п.а.	(100)
Дания	1	0	0	0	0	0		
Германия	19	500 (650)	250000 (325000)	500 (650)	250000 (325000)	п.а.	п.а.	85
Греция		0	0	0	0			
Испания		п.а.	п.а.	п.а.	п.а.			
Франция	3	0	0	0	0			
Ирландия		<200 (250)	<100000 (125000)	<200 (250)	<100000 (125000)	п.а.	п.а.	
Италия	25	0	0	0	0			
Люксембург	23	0	0	0	0			
Нидерланды		250 (350)	10000	15	6000	-145	60000	20
Австрия	263	160	50000	100	50000			
Португалия	8	0	0	0	0			
Финляндия	10	170	58000	170	58000	п.а.	п.а.	0
Швеция	4	1		1		+5002		
Соединенное Королевство		60 (100)	30000 (50000)	60 (100)	30000			
(50000)	п.а.	п.а.						
Исландия		0	0	0	0			
Норвегия	29	1		1				
<b>ИТОГО</b>	<b>155</b>	<b>1380</b>						

**тнэ/год** = тонн нефтяного эквивалента в год (Принимается, что твердое утилизированное топливо имеет теплотворную способность 21 МДж/кг, хотя это ниже в Финляндии и Нидерландах, а нефть имеет теплотворную способность 42 МДж/кг)

**СК** = % потребления в цементных печах

Данные в этой таблице являются только ориентировочными, так как они не соответствуют тому же самому согласованному определению, использованному по всему ЕС

<sup>1</sup> Не имеется общих статистических данных для Швеции или Норвегии, поскольку это топливо используется на обычных теплоэлектростанциях и в инсинераторах без потребности в подробных технических условиях. Данные для Швеции (2001): устройства для сжигания отходов для районного теплоснабжения 856000 т/год и электростанции для районного теплоснабжения 455000 т/год

<sup>2</sup> Не имеется точных цифр, но приблизительные данные свидетельствуют о 500 тыс. т отходов, импортированных в 1999 г. 90% состояло из древесины, пластмасс и резины.

<sup>3</sup> Член TWG полагает, что это значение это слишком высокое, но не дает какого-либо альтернативного значения.

**п.а.** = нет данных.

Наилучшая оценка промышленности для производства твердого утилизированного топлива в 2005 г. составила около 11 млн. тонн/год.

Таблица 1.14 ПРОГНОЗ/ПОТЕНЦИАЛ ДЛЯ ЕВРОПЕЙСКОГО РЫНКА ТВЕРДОГО УТИЛИЗИРОВАННОГО ТОПЛИВА В 2005 Г.

Страна	Производство		Потребление		-Экспорт/Импорт-		Δ2000 %
	тыс.т/год	тнэ/год	тыс.т/год	тнэ/год	тыс.т/год	тнэ/год	
Бельгия	100	50000	100	50000	п.а.	п.а.	0
Дания	0		0				
Германия	300	1500000	4000	2000000	+1000	+500000	
Греция	500	250000	500	250000	п.а.	п.а.	
Испания	1000	500000	1000	500000	п.а.	п.а.	
Франция	1000	500000	0	0	-1000	-500000	
Ирландия	500	250000	500	250000	п.а.	п.а.	
Италия	1000	500000	1000	500000	п.а.	п.а.	
Люксембург	50	25000	50	25000	п.а.	п.а.	
Нидерланды	1000	400000	600	240000	-400	-160000	
Австрия	500	250000	500	250000	п.а.	п.а.	400
Португалия	500	250000	500	250000	п.а.	п.а.	
Финляндия	350	120000	350	120000	п.а.	п.а.	100
Швеция	500	250000	1000	4500000	+500	+200000	
Соединенное Королевство	600	300000	600	300000	п.а.	п.а.	
Швейцария	0	0	0	0			
Исландия	0		0				
Норвегия	150	75000	150	75000	п.а.	п.а.	
ИТОГО	10750	5220000					

Примечание 1: тнэ/год = тонн нефтяного эквивалента в год (Принимается, что твердое утилизируемое топливо имеет теплотворную способность 21 МДж/кг, хотя это ниже в Финляндии и Нидерландах, а нефть имеет теплотворную способность 42 МДж/кг)

Δ2000 = различие от 2000 г.

Примечание 2: количества в этой таблице могут не отражать реальное количество установок или производительность. Основные причины состоят в том, что рынок настолько динамичен, что количества меняются быстро и (или) потому, что не были представлены данные TWG для всех конкретных тем. Клетки без цифр означают, что информация не была представлена.

Предполагается, что твердое утилизируемое топливо (SRF) не экспортировалось за пределы ЕС.

Цифры в этой таблице являются только ориентировочными, так как они не соответствуют тому же самому согласованному определению, используемому Европейской Комиссией.

Потребление антрацита и лигнита для производства электроэнергии в ЕС составило 145 млн. тонн нефтяного эквивалента/год в 1999 г. (Европейская Комиссия 1999 Годовой энергетический обзор). Используя это значение, можно рассчитать, что общее производство твердого утилизируемого топлива по

прогнозу в табл. 1.14 за 2005 г. (т.е. более 5 млн. тонн нефтяного эквивалента/год) представляет норму замещения в 3,5%.

Приготовление топлива из отходов из опасных отходов. Использование опасных отходов в качестве топлива началось в середине 1970-х годов, когда нефтяной кризис привел к резкому росту затрат на топочный мазут, а также когда в различных странах были выпущены новые нормативные документы, относящиеся к размещению отходов. Так как в наличии были отходы с высоким энергетическим содержанием (главным образом растворители), совместная переработка отходов в цементных печах стала очевидным ответом на ситуацию, как в экологическом, так и в экономическом смысле. Позднее для повышения уровня экономии энергии стали разрабатываться все более сложные процессы предварительной подготовки, сначала для производства жидкого топлива из отходов, а в 1990-е годы для производства твердого топлива из отходов.

Оцененные данные были представлены некоторыми компаниями ЕС, и они показаны ниже в табл. 1.15. Эти данные основаны на рыночной ситуации в странах ЕС-15.

**Таблица А1.15 ПРОИЗВОДСТВО И КОЛИЧЕСТВО ПЛОЩАДОК ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ТОПЛИВА ГЛАВНЫМ ОБРАЗОМ ИЗ ОПАСНЫХ ОТХОДОВ В СТРАНАХ ЕС-15**

Приготовление топлива из опасных отходов	Количество установок	Производство в 2001 г. (тыс. т/год)
Жидкое топливо из органических жидких отходов	107	650
Жидкое топливо с помощью псевдооживления	7	108
Жидкое топливо из эмульсий	3	48
Жидкое топливо из отходов	117	806
Твердое топливо из отходов	26	465
<b>Итого</b>	<b>143</b>	<b>1271</b>

Примечание: Данные соответствуют оценкам, сделанным в декабре 2002 г.

Жидкое топливо из отходов (за исключением масел). Данные были получены для перегруппировки и предварительной подготовки установок во Франции, Бельгии, Нидерландах, Германии, Италии, Швейцарии, Испании, Португалии, Ирландии, Соединенного Королевства, Швеции, Норвегии, Чешской Республики и Словакии. Размер и мощность установок для приготовления жидкого топлива из отходов заметно варьируется, от 5000 до 100000 тонн/год. Для перегруппированных установок обычная производительность меняется от 1000 до 20000 тонн/год.

Топливо из твердых отходов. Данные были определены для установок предварительного приготовления в 2001 г. из Франции, Бельгии, Нидерландов, Германии, Италии, Швейцарии, Испании, Португалии, Польши, Норвегии и Словакии. Средняя производительность установки для производства твердых отходов составляет 18000 тонн/год, с вариациями от 2000 до 70000 тонн/год.

### **1.1.3. Экономические и институциональные аспекты сектора обращения с отходами**

Обращение с отходами обычно является процессом с высокими объемами и с низкой рентабельностью. Фиксированная базовая цена, либо за поступающие отходы, либо за подвергнутый рециклингу продукт смещает коммерческий акцент на получение максимальной производительности и снижение накладных расходов.

Затраты и цены в секторе обращения с отходами устанавливаются обычно на основе инвестиций и эксплуатационных издержек. Однако в некоторых случаях цены могут определяться операторами на "нижнем" эшелоне рынка (сегменте низкорентабельной продукции). В некоторых других случаях цены устанавливаются в результате соглашения между производителем отходов и управляющим сектором обращения с отходами, когда могут быть различия для определенных отходов в зависимости от того, кто их производит. Хотя имеются исключения, в особенности для старых установок, уровни инвестиций бывают низкими вследствие низкой рентабельности и конкуренции с низкими ценами полигонов. Ожидается, что потребуются высокие уровни инвестиций для выполнения норм, установленных действующей нормативной базой.

Промышленность обычно стремится использовать до максимума некоторые типы отходов для обращения с другими видами отходов, и ожидается, что это будет продолжаться, в особенности при использовании отходов в качестве сырья.

Существует конкуренция между региональными, национальными и международными компаниями. Примером является сбор отработанных масел, когда национальные сборщики работают с большими объемами из-за экономии масштаба, в то время как местные/региональные операторы конкурируют, имея преимущество в виде более низких накладных расходов.

Объекты обращения с опасными отходами обычно в рамках обязанности предложения поставки принимают все типы опасных отходов для надлежащего размещения, не взирая на конкуренцию. Однако некоторые специализированные объекты, которые могут конкурировать по определенным типам отходов, нуждаются только в предложении цены за любые опасные отходы, с которыми они могут обращаться. В этой связи были созданы различные специализированные объекты обращения с опасными отходами, а также конкурирующие им объекты.

Некоторые установки для обращения с отходами вследствие их районирования способствуют существенному уменьшению транспортирования отходов. Однако другие установки для обращения с отходами, работающие на межрегиональной, национальной или даже международной основе, зависят главным образом от специализации определенных операций обращения.

Воздействие нового законодательства об отходах на сектор обращения с отходами. Следует избегать образования отходов в соответствии с Директивой Совета 75/442/ЕЕС от 15 июля 1975 г. об отходах; там, где отходы образуются,

они должны утилизироваться, или когда это технически и экономически невозможно, они размещаются со стремлением избегания или снижения любого воздействия на окружающую среду. Стоит упомянуть, что Директива IPPC должна оказывать непосредственное воздействие на сектор обращения с отходами, а также на производителей отходов.

Установлены нормативные условия, некоторые из которых на уровне ЕС (например, сжигание отходов, полигонное депонирование, отходы электро-технического и электронного оборудования, вышедшие из эксплуатации транспортные средства) для ослабления цикла высоких объемов, низкой рентабельности и низких инвестиций. Ожидается, что это приведет к большим инвестициям в сектор и движению к разработке технологий для обращения с теми отходами, которые ранее непосредственно депонировались, или к усовершенствованию процессов, при которых ранее не происходило эффективное обращение с отходами. Это потребует создания специализированных установок и, вероятно, оборудования для обращения со специализированными отходами.

В то время как ограничения на полигонное депонирование, которые вводит Полигонная директива, потребуют большей степени переработки отходов либо до депонирования, либо вместо полигонного депонирования, это может привести к непрерывному созданию площадок, использующих способы стабилизации и связывания. Однако эти способы все еще совершенно стандартные, и с их применением существуют серьезные проблемы.

Переработка отработанных масел также, вероятно, будет возрастать по объему, и изменяться, в особенности в связи с реализацией запретов в рамках Полигонной директивы на потоки масел с 2002 по 2007 гг.

Можно полагать, что соблюдение установленных норм является автономной функцией реагирования на внешние силы, однако, в реальности это, по существу, движущая сила для всего объекта. Рынок для объектов обращения с отходами находится под сильным влиянием динамики регламентирующих программ, которые продолжают подвергаться значительным изменениям. Работа объекта, таким образом, осуществляется вокруг обращения с отходами таким образом, который соответствует, если не превышает природоохранное законодательство. Это не является легким делом вследствие наличия большой нормативной базы в отрасли.

Отработанные масла. Экологическое осознание в 1980-е годы имело ряд последствий на сектор обращения с отработанными маслами, в частности:

- закрытие многих установок для регенерации с использованием кислотной обработки с отбеливанием глиной, главным образом, в США, как по экономическим, так и по экологическим причинам
- использование усовершенствованного оборудования и устройств для снижения загрязнения при сжигании отработанных масел
- разработка усовершенствованных технологий рафинирования, как по причинам природоохранного характера, так и качества продукции.

Установки для физико-химической переработки. Происходят непрерывные изменения в производственных процессах, изменяющие тип отходов, а также используемые вспомогательные вещества. В этом отношении даже установки для физико-химической переработки подвергаются постоянным процессам адаптации, как с точки зрения используемых процедур, так и контроля. Помимо этого, изменения в нормативно-правовой базе также приводят к перепланировке установок; в общем, эти измененные нормативы имеют цель значительно снижения выбросов с установок для физико-химической переработки. Перепланировка может воздействовать на все выполняемые функции установки для физико-химической переработки, включая технологию установки, перерабатываемые материалы, лабораторное оборудование и даже общие и специализированные знания персонала.

Подготовка муниципальных твердых отходов (MSW) для спользования в качестве топлива. История использования MSW в качестве топлива возвращается к нефтяному кризису 30 лет назад. Тогда RDF (топливо из отходов) получило содействие как замещающее топливо с низкой ценой, хотя это топливо никогда не было полностью принято рынком. Однако в последние 10 лет проявлялся растущий интерес в промышленности по производству цемента, извести, стали и в энергетике к топливу из отходов, главным образом по экономическим причинам. Существующие политические цели европейской энергетической политики и политики в области обращения с отходами дают импульс для использования топлива из неопасных отходов. Эти топлива, содержание которых в среднем на 50-60% биогенного происхождения, могут внести значительный вклад в снижение выбросов CO<sub>2</sub> и удвоение доли возобновляемой энергии. Помимо этого, вследствие либерализации рынка и необходимости снижения затрат промышленность становится все более заинтересованной в менее дорогих однородных замещающих топливах определенного качества. В настоящее время основными потребителями являются цементная и известковая промышленность. Однако рыночный потенциал для будущего связан с сектором электроэнергетики.

Политика в области обращения с отходами имеет цель снижения полигонного размещения биоразлагаемых отходов непосредственно под влиянием разработки объектов для производства топлива из отходов. Также и налоговая система, применяемая к полигонному депонированию, является основной движущей силой в данном направлении в некоторых государствах-членах. В отличие от вынужденных изменений 30 летней давности из-за нефтяного кризиса, производители топлива из отходов проявили инициативу в создании системы качества, которая должна гарантировать свойства топлива, производимого из MSW, и, поэтому, производить более надежный продукт. Системы качества существуют в настоящее время в нескольких государствах-членах. Европейский комитет по стандартизации (CEN) поручил Комиссии разработать нормы для так называемого "твердого утилизированного топлива" (SRF) на основе неопасных отходов, которые в настоящее время готовятся.

Основными каналами реализации SRF в настоящее время являются промышленность по производству цемента и извести. Появляется такая потребность в секторе угольных электростанций. Сталеплавильные заводы используют SRF в качестве замены угля. В скандинавских странах SRF используется главным образом для производства тепловой энергии в промышленности и районном теплоснабжении.

Разбивка потребления топлива, используемого для производства цемента, приведена в табл. 1.16.

**Таблица 1.16 ПОТРЕБЛЕНИЕ ТОПЛИВА ЕВРОПЕЙСКОЙ ЦЕМЕНТНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТЬЮ**

Топливо	%	Топливо	%
Нефтяной кокс	39	Лигнит	6
Антрацит	36	Газ	2
Котельное топливо	7	Отходы	10

Удельное потребление энергии для цемента составляет 3-4 МДж/кг клинкера. Принимая 0,75 кг клинкера/кг цемента, норма замещения топлива составляет 30-50%, а низшая теплотворная способность SRF составляет 19 МДж/кг, и это означает, что имеется потенциал использования 6-11 млн. т SRF/год. Принимая потребление энергии в 4 МДж/кг извести при той же самой норме замещения для цементных печей, это означает, что потенциал в 1-2 млн. т SRF/год можно использовать для ежегодного производства 20 млн. тонн извести.

Оцениваемое использование SRF в производстве электроэнергии на антраците и лигните в ЕС составляет 14-29 млн. т SRF/год (в предположении нормы замещения, минимум, в 5-10% на тепловой основе). Общий потенциал рынка для SRF может составить 21-42 млн. т/год, что является значительным количеством SRF, которое можно произвести из MSW и других горючих отходов. Существуют большие различия между странами. В Германии все еще имеется много электростанций, работающих на лигните и угле. Франция проводит политику, направленную на использование атомных электростанций, и, поэтому, имеется только несколько угольных электростанций. В "Отчете CEN о твердом утилизированном топливе" [21, Langenkamp and Nieman, 2001] потенциал использования SRF указан в диапазоне от 33 до 55 млн. т/год. Вывод состоит в том, что производство SRF возрастает, и может появиться значительная связь с системой обращения с отходами.

#### **1.1.4. Общие проблемы окружающей среды, относящиеся к установкам, на которых перерабатываются отходы**

Состав отходов очень изменчив, а потенциальный диапазон компонентов, которые могут находиться в отходах, огромен. Вследствие такой изменчивости компонентов и состава существует очень мало общих выбросов от операций по обращению с отходами, так как каждая площадка имеет немного различающее-

ся сочетание типовых процессов и принимает различный диапазон отходов на основе местных условий.

Цель этого раздела состоит в том, чтобы дать короткий обзор основных проблем окружающей среды в секторе. Более точная картина проблем окружающей среды развита в Главе 3.

**Выбросы в воздух.** На большинстве установок с отходами имеются выбросы в воздух диоксида углерода, аммиака и твердых частиц. Некоторые органические вещества можно обычно идентифицировать почти на каждой площадке, и стоит отметить, что на большинстве площадок имеются условия для определенного выброса твердых частиц просто за счет проведения манипуляций с продуктами. Важными также являются проблемы запахов и летучих органических соединений. Другими загрязняющими веществами, которые можно обнаружить на некоторых площадках, это хлористый водород, аммиак, амины, сульфид водорода. Другие компоненты, которые могут образовываться, это полициклические ароматические углеводороды (РАН) и диоксины, главным образом, потому что они переносятся с перерабатываемыми отходами. Это вызывает проблемы, как с точки зрения здоровья, так и окружающей среды. Они образуются при неполном сжигании органического вещества (например, сжигание, совместное сжигание, сжигание некоторых топлив) и вследствие преобразований при охлаждении отходящих газов. РАН относительно трудно разрушаются. В табл. 1.17 приведены основные выбросы от операций по обращению с отходами.

36

**Таблица 1.17 ОСНОВНЫЕ ЗАГРЯЗНИТЕЛИ ВОЗДУХА, ВЫБРАСЫВАЕМЫЕ ПРИ ОБРАЩЕНИИ С ОТХОДАМИ, И ИХ ОСНОВНЫЕ ИСТОЧНИКИ**

Основные выбросы в воздух	Операции обращения с отходами
Кислоты (НСI)	Сжигание, физико-химическая обработка
Аммиак	Биологическая обработка, физико-химическая обработка
Оксиды углерода	Энергетические системы, термическая переработка, биологическая переработка
Микробиологическое загрязнение	Биологическая обработка, биофильтры
Оксиды азота (N <sub>2</sub> O, NO, NO <sub>2</sub> )	Энергетические системы, термическая переработка, биологическая переработка
Оксиды серы	Энергетические системы, термическая переработка
Твердые частицы (включая металлы)	Энергетические системы, хранение и обращение с твердыми веществами, термическая переработка
Летучие органические соединения	Биологическая переработка, переработка отработанных масел, переработка отработанных растворителей, системы разделения углеводородов и воды, хранение и обращение с органическими веществами

Примечание: ссылка на Главу 3 для определенных выбросов для различных операций обращения с отходами.

Сбросы в воду. Большинство установок, относящихся к водным объектам, заявляет о сбросах общего азота, общего органического углерода, общего фосфора и хлора в воду. В табл. 1.18 дано резюме основных сбросов в воду от операций по обращению с отходами.

**Таблица 1.18 ОСНОВНЫЕ ЗАГРЯЗНЯЮЩИЕ ВЕЩЕСТВА ДЛЯ ВОДЫ (ПАРАМЕТРЫ), СБРАСЫВАЕМЫЕ ПРИ ОБРАЩЕНИИ С ОТХОДАМИ, И ИХ ОСНОВНЫЕ ИСТОЧНИКИ**

Основные сбросы в воду	Операции обращения с отходами
Хлорированные соединения (например, АОХ <sup>1</sup> )	Переработка отработанных растворителей
Металлы (например, As, Cd, Cu, Hg, Ni, Sn, Zn)	Биологическая переработка обычное хранение и обращение с отходами, физико-химическая переработка с экстракцией металлов, отходы отделочных операций, производство чистых реактивов и органики, переработка отработанных масел
Органические химикаты (например, БПК, ХПК, общий органический углерод, углеводороды, фенолы, ВТЕХ <sup>2</sup> )	Переработка отработанных масел, переработка отработанных растворителей, энергетические системы
Общий азот	Физико-химическая переработка, биологическая переработка
Общий фосфор	Физико-химическая переработка, биологическая переработка

<sup>1</sup>Адсорбируемые органические галогенпроизводные

<sup>2</sup>Бензол, толуол, этилбензол, ксилол

Примечание: ссылка на Главу 3 для определенных выбросов для различных операций обращения с отходами.

Результаты обращения с отходами. Обычно результатом обращения с отходами на установках являются переработанные отходы. Однако эти результаты можно дифференцировать на два типа. Первый тип относится к переработанным отходами (обычно представляющим основную часть результата обращения), которые в некоторых случаях можно повторно использовать где-либо. Второй тип представлен отходами, образующимися в самом процессе обращения (переработки). Появление последних зависит не только от типа перерабатываемых отходов, но также и от типа переработки отходов. В самом деле, этот второй тип отходов в большей степени зависит от переработки, чем от действительного типа перерабатываемых отходов.

Загрязнение почвы и подземных вод. В прошлом проводимое без предосторожности обращение с отходами было причиной загрязнения земли, как это было почти во всех секторах промышленности. Как и в случае многих других отраслей промышленности, отрасль обращения с отходами в настоящее время не связана с деятельностью, которая приводит к загрязнению земли. В соответствии с процессом и типом используемых отходов, были разработаны предупредительные действия, такие как выдерживание, герметичность и мониторинг подземных вод для того, чтобы предотвратить и контролировать загрязнение почвы и подземных вод.

## 1.2. Применяемые технологические процессы

В этом разделе описаны те процессы и технологии в секторе обращения с отходами, которые включены в область действия этого документа. Эта глава предназначена для тех, кто заинтересован в получении общего понимания процессов и применяемых технологий в этом секторе, а также для тех, кто заинтересован в понимании взаимодействия между промышленными процессами и темами, описанными в последующих главах этого документа, т.е. затратах, выбросах и наилучших существующих технологиях.

Поэтому цель этой главы состоит не в повторении опубликованной технической информации, уже имеющейся в обычной литературе. Это означает, что некоторые технологии, широко используемые в секторе обращения с отходами, не будут описаны в этой главе, поскольку они являются простыми типовыми процессами, доступно объясненными в других местах. Для этих технологий будут представлены итоговые таблицы, в которых будут отражены насколько это возможно цель, принцип и пользователи.

В этом документе процессы и технологии, выявленные в секторе обращения с отходами, разделены на шесть разделов, а именно:

- общие технологии обработки отходов

Раздел содержит описание технологий, охватывающих типовые стадии обработки отходов и не являющихся избирательными к любому индивидуальному типу обращения с отходами (например, прием, смешивание, сортировка, хранение, удаление). Также в разделе дается описание типовых процессов, связанных с этими технологиями. На рис. 2.2 показана технологическая схема обработки отходов, на которой коричневым цветом выделены типичные процессы, описываемые в этом разделе.

- биологическая обработка и некоторые виды механико-биологической обработки (например, аэробное/анаэробное сбраживание)

В разделе дается описание типовых процессов, связанных с этими технологиями.

- физико-химическая обработка

Раздел содержит описание таких технологий обработки отходов, как осаждение, декантирование (отделение нерастворимого осадка от раствора путем сливания последнего), центрифугирование, регенерация растворителей, термическая обработка, не включенная в WIBREF (сжигание отходов). Также в разделе дается описание типовых процессов, связанных с этими технологиями.

- обработка отходов для обеспечения возможности рециклинга/регенерации материалов (например, обработка катализаторов, растворителей, отработанных масел и т.д.).

В разделе дается описание типовых процессов, связанных с этими технологиями.

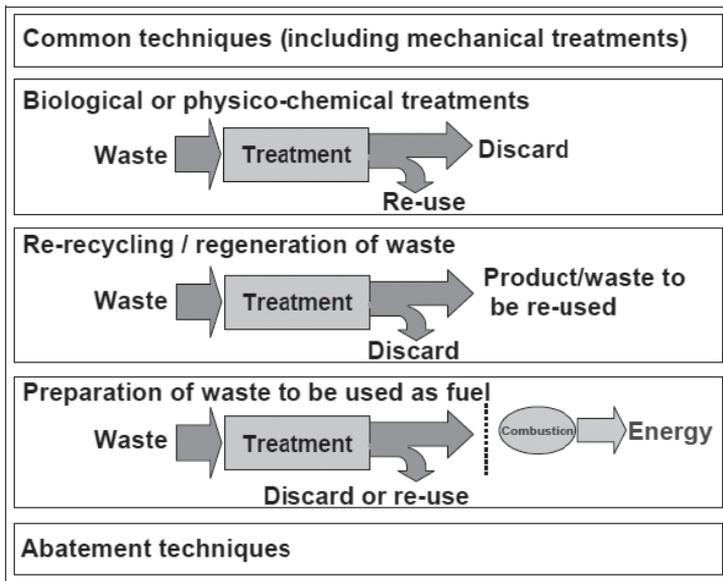
- обработка отходов для их превращения в материал, пригодный для использования в качестве топлива в различных секторах промышленности.

В разделе дается описание типовых процессов, связанных с этими технологиями.

- технологии обработки отходов для подавления выбросов загрязняющих веществ.

На рис. 1.2. и А1.3 проиллюстрирована классификация, упомянутая выше. Эта классификация также повторяется в каждой из следующих глав для поддержания согласованности и для облегчения восприятия перекрестных ссылок.

Рисунок 1.2 СТРУКТУРА ГЛАВ



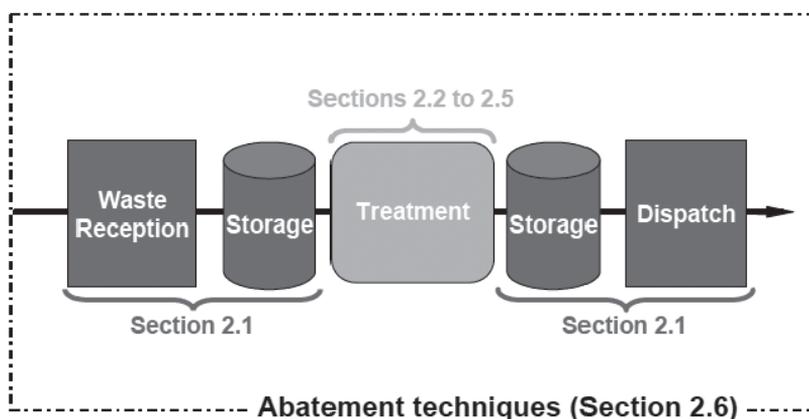
Пояснения к рисунку:

*Common techniques (including mechanical treatments)* – обычные технологии (включая механическую обработку); *Biological or physico-chemical treatments* – биологическая или физико-химическая переработка; *Waste* – отходы; *Treatment* – переработка; *Discard* – удаление; *Re-use* – повторное использование; *Recycling/regeneration of waste* – рециклинг/регенерация отходов; *Product/waste to be re-used* – продукт/отходы, подлежащие повторному использованию; *Preparation of waste to be used as fuel* – подготовка отходов к использованию в качестве топлива; *Combustion* – сжигание; *Energy* – энергия; *Abatement techniques* – технологии подавления выбросов загрязняющих веществ

Примечание: на этом рисунке сделана только попытка представить моментальный снимок того, каким образом в этом документе структурируется информация. Далее в настоящем документе могут быть представлены исключения к любой из этих категорий, т.к. иногда трудно классифицировать вид обработки в конкретном разделе.

В разделе "приготовление отходов для использования в качестве топлива" в области действия этого документа не включен процесс сжигания. Для дальнейшей информации следует обратиться к разделу Область действия. Утилизация или размещение в рамках законодательства ЕС [150, TWG, 2004]

Рисунок А1.3 СХЕМА ОБРАБОТКИ ОТХОДОВ С УКАЗАНИЕМ ТИПОВЫХ ПРОЦЕССОВ И РАЗДЕЛОВ, В КОТОРЫХ ОНИ ОПИСАНЫ В НАСТОЯЩЕМ ДОКУМЕНТЕ.



Пояснения к рисунку:

Sections – разделы; Waste Reception – прием отходов; Storage – хранение; Treatment – переработка; Dispatch – отправка; Abatement techniques – технологии подавления выбросов загрязняющих веществ

Информация о технологиях, перечисленных в этой главе, представлена в соответствии со структурой, показанной в табл. 2.1.

40

Таблица 1.2.1 ИНФОРМАЦИЯ, СОДЕРЖАЩАЯСЯ В ОПИСАНИИ КАЖДОЙ ТЕХНОЛОГИИ, ВКЛЮЧЕННОЙ В ГЛАВУ 2

Наименование типа информации	Тип включенной информации
Цель	Краткое описание того, какой тип обращения с отходами используется
Принцип работы	Тип проводимых процессов и краткое объяснение
Поступающий и выходящий потоки	Тип отходов, которые можно перерабатывать с помощью данной технологии, а также подробности любой операции
Описание процесса	Краткое описание процесса. Когда целесообразно используются рисунки и диаграммы
Пользователи	Ссылки на количество установок, использующих технологии в Европе и во всем мире. Кроме того, подробности о том, как сектор сжигания отходов использует технологию такого типа.

Установки для обработки отходов. Выбору технологии обработки отходов предшествует их качественная и количественная идентификация, определение места хранения отходов и необходимых способов их подготовки.

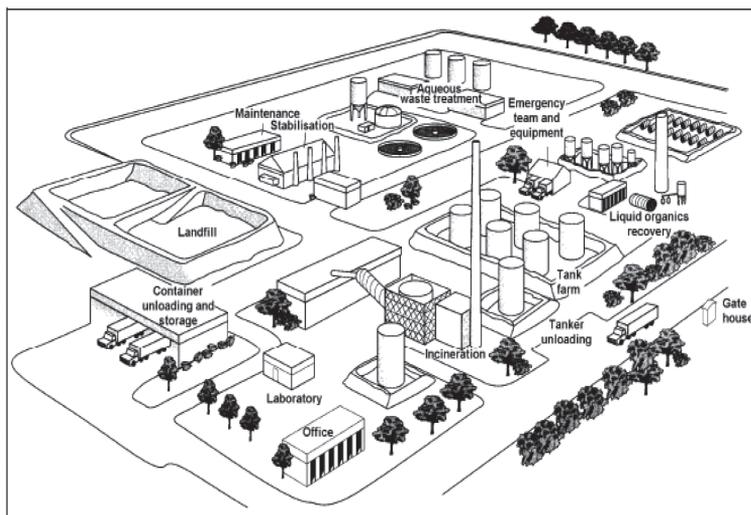
Процесс обработки отходов начинается со стадии их подачи (загрузки) на оборудование (напр., трубопроводы или конвейеры), используемое для выполнения предписанных стадий обработки.

Операции обработки отходов могут проводиться на периодической или непрерывной основе.

В широком смысле объекты (установки) для обработки различных видов отходов можно классифицировать на три группы:

- установки для обработки отходов, находящиеся непосредственно на месте образования отходов. Они обычно служат для обработки малых количеств отходов одного вида.
- обособленные установки, на которых может проводиться одна или несколько операций по обработке конкретного вида отходов (иногда нескольких видов отходов).
- объекты для комплексной переработки отходов. Некоторые установки для обработки отходов не являются обособленными установками, предназначены только для одного типа обработки. Некоторые из них предназначены для обеспечения широкого набора услуг и сконструированы для обработки большого разнообразия видов отходов. Как упомянуто в Разделе 1.1, установки для обработки отходов конструируются для обеспечения требуемых услуг по обращению с отходами. Например, иногда они конструируются для обеспечения определенного типа обработки большого количества различных видов отходов (например, отходов очистных сооружений и муниципальных твердых отходов).

Рисунок 1.4 ПРимер установки для комплексной обработки отходов



Пояснения к рисунку:

*Maintenance* – обслуживание; *Stabilization* – стабилизация; *Aqueous wastetreatment* – очистка сточных вод; *Emergency team and equipment* – аварийная бригада и оборудование; *Liquid organics recovery* – утилизация жидких органических соединений; *Tank farm* – резервуарный парк; *Landfill* – полигон; *Container unloading and storage* – контейнер для разгрузки и хранения; *Laboratory* – лаборатория; *Office* – канцелярия; *Incineration* – сжигание; *Tanker loading* – загрузка резервуара; *Gate house* – проходная

В табл. 1.2.2 сопоставлены операции, проводимые в процессе обработки отходов, с элементами оборудования, входящего в состав объекта обработки отходов. Важно отметить, что каждый элемент оборудования обеспечивает реализацию специальных мер предосторожности в рамках единого процесса обработки отходов. Эти специальные меры предосторожности включают в себя контроль безопасности, обслуживание, обучение, предотвращение чрезвычайных происшествий, противоаварийное планирование, мониторинг и проведение проверки.

Таблица 1.2.2 ПРИМЕРЫ ОПЕРАТИВНЫХ ПОДСИСТЕМ И ИХ КОМПОНЕНТОВ

Элементы оборудования	Оперативные подсистемы				
	Предотгрузочный анализ отходов	Прием отходов	Хранение и подготовка отходов	Переработка отходов	Управление твердыми продуктами
Аналитическая лаборатория	X	X			
Зона ожидания грузовиков		X			
Проходная		X			
Автовесы		X			
Разгрузка барабанов и хранение		X	X		
Резервуарный парк		X	X		
Насыпные отходы и подготовка отходов		X	X		
Биологическая переработка				X	X
Физико-химическая переработка				X	X
Установка для стабилизации				X	X
Регенерация				X	
Подготовка отходов для использования в качестве топлива				X	X
Устройство для сжигания*				X	X
Полигонные карты*					X

\* Не охвачены в этом документе

Технологии, применяемые для обработки конкретного вида отходов. Для того чтобы выбрать, какой тип обработки можно применить к определенному виду отходов, были разработан порядок принятия решений.

### **1.2.1. Общие технологии, применяемые в секторе**

В этом разделе обсуждаются предварительная обработка/деятельность или последующая обработка/деятельность (см. введение к Главе 2 и рис. 2.2), обычно используемые в секторе обращения с отходами и включенные в область действия этого документа. Он также включает в себя некоторые виды деятельности по обработке, которые обычно используются во всем секторе. Например, он включает в себя технологии, используемые для переупаковки, дробления, грохочения, сушки, смешивания, сортировки, гомогенизации, обработки скрапа, обработки в кипящем слое, промывания, пакетирования, перегруппировки и хранения, транспортирования, приема и возможности контроля, а также способы управления, используемые на объектах (установках) для обработки отходов. Только те технологии, которые являются важными с экологической точки зрения, описаны подробно. Другие технологии, рассматриваемые как общие технологии или очень специализированные технологии, не были описаны, но перечислены в двух последних разделах Раздела 2.1. Те технологии, которые применяются для подавления выбросов загрязняющих веществ (например, фильтры для очистки воздуха, биофильтры, очистка сточных вод), кратко упомянуты в Разделе 2.6 и подробно анализируются в трех последних разделах Главы 4.

#### **1.2.1.1. Прием, приемлемость, возможность контроля и гарантия качества**

Для большинства установок для обращения с отходами важным является следующий порядок:

- прием; • хранение; • обработка; • хранение остатков; • выбросы.

Для каждой из предыдущих стадий требуются информация об отходах, а также специальная аттестация персонала и навыки управления переработкой. Информация (знания) об отходах перед тем, как их принимают и перерабатывают, является ключевым фактором для управления планом обращения с отходами. Целью этого раздела является представление различных типов контроля и анализа, которые можно проводить в течение процесса обработки отходов, от операций до приемки отходов на площадку до конечной отправки отходов.

Операции до приема отходов и прием отходов. Многие объекты по обработке отходов (например, установки для переработки опасных отходов) требуют информацию об отходах и (или) отбор проб перед транспортированием отходов на данные объекты. Это дает им возможность обеспечить соответствие требованиям лицензии на обработку отходов и предотвратить негативное воздействие отходов на процесс их обработки. Операции до приема отходов включают в себя: отбор проб, заполнение идентификационной формы, проведение анализа, а затем оценку того, можно ли отходы принимать на данный объект обработки. Если сложно определить приемлемость отходов до приема, они транспортируются на объект обработки, где проводится их анализ и принимается решение о том, принимать или отказываться от данных отходов. Таким образом, процесс приема содержит две стадии: стадию до приема и стадию самого приема.

Стадия до приема. Стадия до приема отходов состоит из трех основных процедур:

- оператору предоставляется информация от производителя отходов. Например, специальная документация идентифицирующая отходы (основные характеристики и процессы образования отходов, аспекты, связанные с охраной здоровья и обеспечением безопасности и т.д.)
- проводится предварительный и полный анализ полученной информации об отходах для определения их характеристик;
- на основе всей информации оператор принимает окончательное решение о том, принимать ли отходы на объект обработки или нет (имея в виду технические условия, включенные в разрешение (лицензию) и другие требования к процессу обработки).

При принятии решения оператор руководствуется в том числе существующими правилами приемки отходов, указанных в идентифицирующей их документации. Некоторые из этих правил утверждены на национальном уровне, а другие - на уровне самого объекта обработки. Например, это может быть определенный процент различий или параметры, ограниченные разрешением. В определенных случаях дополнительно может проводиться оценка риска. Таким образом оператор может оценить риск нарушения определенных правил обращения с отходами (например, принятых на национальном уровне).

Примером классификации риска на стадии до приемки может быть:

- отходы классифицируются как отходы с "высоким" риском, если отходы или заказчик новые;
- отходы классифицируются как отходы с "низким" риском, если:
- известны отходы от известного заказчика;
- отходы предсказуемы по свойствам и составу;
- имеется низкий риск загрязнения или разбавления отходов другими отходами или материалами.

В некоторых случаях часть этой процедуры (например, анализ) может быть модифицирована, например, в случае, когда имеется очень небольшое количество отходов.

С целью определения полных характеристик о принимаемых отходах необходимо выполнение следующих требований:

- определение того, являются ли отходы приемлемыми для приема на объект их обработки в отношении:
- разрешения для объекта их обработки;
- способности данного объекта перерабатывать или размещать отходы.
- идентификация опасностей, собственных отходов с тем, чтобы можно было предпринять соответствующие меры предосторожности при обращении с отходами для предотвращения чрезвычайных ситуаций;
- определение физических и химических характеристик отходов с тем, чтобы была возможность выбора эффективных методов их обработки и размещения;

- выбор параметров для осуществления тестирования (контроля) во время прибытия отходов на объект их обработки. Эти параметры могут гарантировать, что каждая новая партия поступающих отходов идентична по своим характеристикам предыдущей;
- выбор параметров для возможности контроля и прогнозирования процесса обработки отходов;
- подготовка оценки затрат на обработку или размещение отходов.

Стадия приема. После получения контейнеров с отходами, поступившей партии присваивается индивидуальный код. Это позволяет в любое время контролировать принятые отходы. Соответственно маркируются индивидуальные контейнеры или специальные места для их хранения. Некоторые компании, занятые в сфере обращения с отработанными маслами, склонны проверять поступающие масла, проводя опрос водителя грузового автомобиля и отбирая пробы из верхней и донной части грузовика для визуальной и обонятельной инспекции. Классификация риска на стадии приемки может быть такой:

- отходы с классификацией высокого риска обычно всегда анализируются при приемке;
- отходы с классификацией низкого риска периодически проверяются на соответствие с данным стадии до приемки. Как правило, для участия в процессе приемки привлекается независимый от принимающей и поставляющей стороны оценщик. Вся процедура классификации рисков несоответствия данным со стадии до приемки и описание ролей и ответственностей различных лиц, участвующих при приемке отходов, обычно является частью плана анализа отходов.

При приеме отходов на объекте подписывается акт приемки, копия которого направляется производителю или транспортировщику отходов. На этом этапе оператор объекта обработки отходов может в некоторых случаях разделить ответственность за безопасное обращение с отходами с производителем и транспортировщиком. В других случаях производитель отходов сохраняет ответственность за обрабатываемые отходы до тех пор, пока не будет выполнена последняя операция процесса переработки. Таким образом, важно, чтобы к моменту приемки отходов уже был выполнен анализ отходов перед отправкой и согласован график их отправки. Без предварительного согласования графика отправки отходов или в случае неправильно составленной документации для их отправки, отходы не должны быть приняты на объект их обработки.

Отбор проб и анализ отходов на площадке. Часть отходов подвергается анализу на площадке. Количество отходов, проходящих анализ, зависит от количества обрабатываемых отходов и размера контейнера. Процесс анализа отходов на площадке индивидуален для каждого вида отходов и технологии их обработки. Например, анализ отходов на площадке может включать в себя начальную проверку уровня рН, запаха и температуры вспышки при разгрузке материала, с последующим более подробным анализом в отношении заявленных на упаковочном листе характеристик отходов перед их смешиванием с другой партией отходов или перетариванием.

Способ отбора проб и проведения любого анализа может изменяться в зависимости от цели и стадии проверки. Например, возможны разные подходы к анализу на стадиях до приемки, приемки или получения отходов, в ходе процесса их обработки или отправки, приемки на площадке конечного пользователя. Информацию об отборе проб и их подготовке предоставляет Рабочая группа Европейского комитета по стандартизации. Несколько больше информации по данному вопросу имеется также в Разделе 3.7.

Анализ в производственной лаборатории. Пробы отходов для подтверждения заявленных характеристик отходов обычно анализируют в лаборатории. После подтверждения заявленных характеристик отходов доставивший их грузовик направляется к зоне разгрузки, где он опорожняется, а затем повторно взвешивается перед тем, как он покинет объект.

Основными задачами лаборатории являются:

- приемка и идентификация поступающих отходов;
- разработка программы их обработки;
- контроль процесса обработки;
- конечная инспекция результатов.

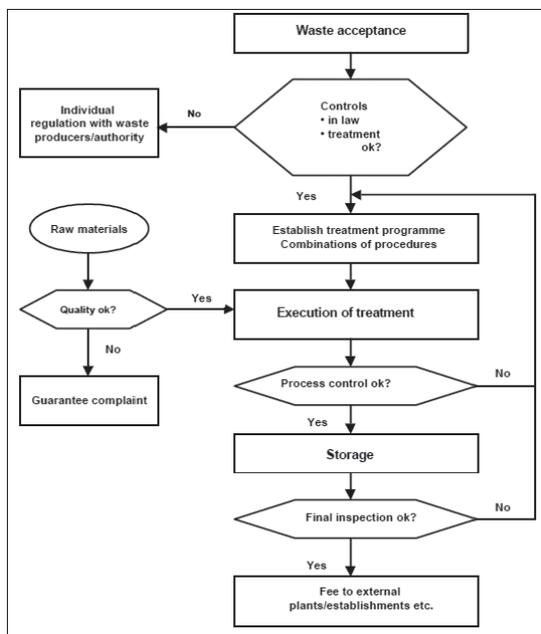
46

План анализа отходов является важнейшей частью процесса обработки отходов на объекте. В плане определяются параметры, которые анализируются для каждого вида отходов, используемые методы отбора проб и проведения анализов, частота проведения анализа. Отходы следует подробно исследовать перед их обработкой на объекте, перед отправкой на хранение или размещением на специальном объекте. Проведение полного анализа физико-химических характеристик отходов входит также в обязанность их производителя и предшествует их отправке на объект обработки. Также полный анализ физико-химических характеристик представительной пробы отходов проводится после прибытия партии отходов на объект их обработки. Это делается для подтверждения соответствия характеристик принятых отходов информации, представленной ранее отправителем.

Производственные лаборатории имеют выполняют ключевую функцию, например, при физико-химической переработке сточных вод. Они осуществляют моделирование процесса обработки, являющееся основой для разработки соответствующих программ обработки сточных вод, а также проводят контроль самого процесса обработки, включая контроль параметров негативного воздействия на окружающую среду (сточные воды, отработанный воздух). В программе обработки отходов содержатся точные инструкции в отношении того, как перерабатывать отходы, какие должны использоваться химикаты (их тип и количество/доза), какой контроль осуществлять и какие документы составлять.

Один из примеров этих взаимоотношений представлен в виде диаграммы на рис. 1.5

**Рисунок 1.5 УПРОЩЕННАЯ СХЕМА ПРИМЕРА ПРОВЕРКИ/ИНСПЕКЦИИ НА ОБЪЕКТЕ ДЛЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД**



Пояснения к рисунку:

*Waste acceptance* – прием отходов; *Individual regulation with waste producers/authority* – индивидуальный документ с производителями отходов/органами власти; *No* – нет; *Controls in law treatment ok?* – контроль – по закону – обработка – правильно; *Yes* – да; *Raw materials* – сырье; *Establish treatment programme - Combination of procedures* – разработка программы обработки – сочетание процедур; *Quality ok?* – Качество – годится?; *Execution of treatment* – осуществление обработки; *Guarantee complaint* – жалоба на соблюдение гарантий; *Process control ok?* – контроль процесса – годится?; *Storage* – хранение; *Final inspection ok?* – конечная инспекция – годится?; *Fee to external plants/establishment etc* – платежи внешним объектам/предприятиям и т.д.

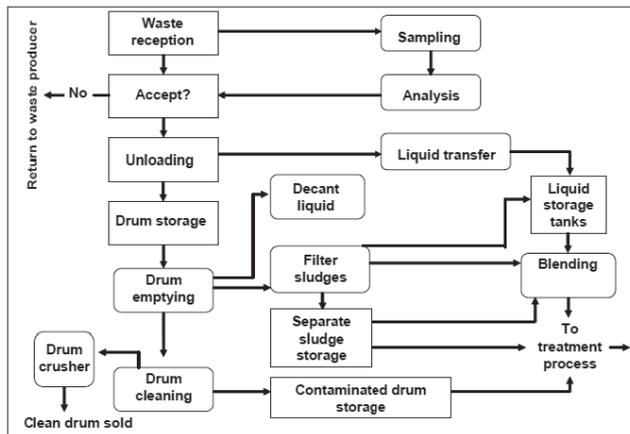
Прием отходов. Обычно отходы физически проверяются, когда они прибывают на площадку, для подтверждения целостности контейнеров и для визуального подтверждения вида отходов. На большинстве площадок проводится регулярная ежедневная проверка целостности контейнеров.

Партии с отходами обычно прибывают на грузовиках к проходной объекта. Предусмотренный графиком и надлежащим образом документированный груз направляется на пункт приема, где проверяется любая поступившая тара и отбираются представительные пробы для проверки подтверждения заявленных параметров отходов. Отходы могут прибывать как наливной груз в автомобильной цистерне, в виде жидкостей или осадков в емкостях/контейнерах, навалочным грузом в самосвале или с помощью ряда других методов. Отбор представительной пробы может стать трудной задачей при учете того, что отходы могут иметь множество фаз и состояний или иметь зоны с высоким уровнем загрязнений. На пун-

кте приема должны использоваться предварительно установленные процедуры для любой ситуации с целью обеспечения отбора представительной пробы.

Простое "опорожнение" грузовика может стать трудной проблемой, если отходы расслоены, контейнер протекает или если происходит реакция отверждения. Для таких аномальных ситуаций предприятия обычно планируют процедуры и готовят специальное оборудование для решения таких проблем. И, наконец, может возникнуть необходимость чистки грузовика для удаления любых следовых остатков.

Рисунок 1.6 ПРимер приема отходов на объекте обращения с наливными грузами и бочками



Пояснения к рисунку:

*Return to waste producer* - возврат производителю отходов; *Waste reception* - прием отходов; *Accept* - приемка; *Unloading* - разгрузка; *Drum storage* - хранение в бочках; *Drum emptying* - опорожнение бочки; *Drum crusher* - устройство для прессования бочек; *Clean drums sold* - продажа бочки после очистки; *Drum cleaning* - очистка бочки; *Decant liquid* - слив жидкостей; *Filter sludges* - фильтр для осадков; *Separate sludge storage* *Contaminated drum storage* - хранение загрязненных бочек; *Sampling* - отбор проб; *Analysis* - анализ; *Liquid transfer* - перевозка жидкостей; *Liquid storage tanks* - цистерны; *Blending* - смешивание; *To treatment process* - на процесс для переработки

Системы качества. Одним из элементов обработки отходов является построение соответствующей системы контроля качества. Это можно продемонстрировать на примере обработки муниципальных отходов для получения из них твердого топлива определенного качества. С помощью выбора и использования определенных отходов или их компонентов производители топлива сами определяют какого качества будет их продукция. Соответствующие системы качества топлив уже существуют и постоянно развиваются.

Цель системы гарантии качества на таких объектах состоит в достижении и обеспечении постоянного качества производимого топлива при неоднородном составе поступающих на обработку твердых коммунальных отходов. Это имеет важное значение для обеспечения использования таких топлив конечными по-

требителями и получения соответствующих разрешений от контролирующих органов. Требования системы качества относятся в основном к качеству продукции.

### **1.2.1.2. Способы управления рисками**

На объекте обработки отходов необходимо применять некоторые специальные меры предосторожности в отношении:

- безопасности;
- инспекции и обслуживания;
- предотвращения чрезвычайных ситуаций;
- противоаварийного планирования;
- обучения сотрудников;
- охраны;
- мониторинга;
- аудита.

Аварии. Риск аварии является характерным, когда приходится иметь дело с отходами, в особенности с опасными отходами. Отходы являются гетерогенными по природе и часто бывают реально агрессивными в отношении установки и оборудования. Любой сбой в управлении отходами, от определения характеристик процесса обработки и проверки отходов до реагирования на данные производственного контроля будет значительно повышать риск нежелательных неконтролируемых реакций.

### **1.2.1.3. Энергетические системы**

В этом разделе обсуждаются проблемы управления энергопотреблением. Установки для генерации пара и (или) электроэнергии здесь не охвачены, поскольку они описываются в других документах BREF (крупные установки для сжигания, сжигание отходов).

Тепловая и электрическая энергия необходимы для эксплуатации установки. В некоторых видах обычного оборудования на площадке используются ископаемые топлива, включая вилочные автопогрузчики, небольшие котлы, шредеры и дробилки. Соответственно не объектах используются как стандартные дизельные топлива, так и ряд видов печного топлива. Некоторые виды используемого оборудования могут быть электрическим или иметь пневматический привод. На некоторых объектах по обработке отходов имеются котлы для производства пара.

- Основными потребителями энергии на объектах по обработке отходов являются:
  - отопление, освещение и силовое электроснабжение зданий объекта;
  - силовое энергоснабжение оборудования объекта, такого как - насосы, воздушные компрессоры, центрифуги и т.д.
  - топливо для аппаратов с силовой установкой.

Правильная конструкция и управление системами энергопотребления являются важными аспектами минимизации воздействия на окружающую среду объектов обращения с отходами.

#### 1.2.1.4. Хранение и манипулирование

Целями хранения являются:

- безопасное хранение отходов перед подачей их в качестве сырья на обработку;
- обеспечение достаточного времени накопления. Например, когда должно быть разделение времени между обработкой и отправкой отходов, или время для целей контроля и инспекции, либо для накопления достаточного количества отходов для использования полной мощности обработки и т.д.
- обеспечение возможности эффективного использования процедур классификации в течение периодов хранения/накопления отходов;
- обеспечение непрерывности процессов обработки. При процессах непрерывной обработки не имеется возможности реагирования на внезапные и значительные изменения состава отходов и протекающих в них реакций и, соответственно, обеспечения определенного результата обработки. По этой причине усреднение различных свойств отходов должно обеспечиваться с помощью промежуточного хранения/накопления обрабатываемых отходов. Поэтому на объектах должны быть обустроены места для хранения/накопления отходов перед их обработкой на установках физико-химической переработки, работающих в непрерывном режиме;
- облегчение процессов смешивания, составления смесей и переупаковки отходов;
- обеспечение возможности порционного добавления реагентов, необходимых для проведения типовых процессов обработки отходов;
- сбор достаточного количества отходов перед отправкой их на определенный вид обработки (например, на мусороперегрузочные станции).

От небольших тюков до крупномасштабного хранения. Варианты манипулирования отходами могут быть различны, начиная от бестарной перевозки совместимых материалов до хранения на специальных площадках. Например, небольшие контейнеры можно укладывать в 205-литровые бочки с вермикулитом в качестве упаковочного наполнителя для облегчения их перемещения. Более крупные контейнеры можно просто сортировать на различные категории отходов и хранить на поддонах перед отгрузкой.

Некоторые отходы декантируются и сыпаются в более крупные контейнеры, например:

- лабораторные контейнеры или небольшие коммерческие контейнеры в 205-литровые бочки или IBC<sup>3</sup>
- отходы в бочках можно перемещать в IBC
- жидкая фракция отходов в бочках сливается в IBC
- водная фракция двухфазных отходов сливается
- часть загрузки можно хранить в ожидании прибытия дополнительного материала для составления полной загрузки.

<sup>3</sup>Контейнер для насыпных грузов международного стандарта.

Декантирование отходов позволяет снизить тоннаж упакованных материалов, а следовательно - оптимизировать хранение на площадке и дальнейшую перевозку. Декантированные отходы упаковываются (затариваются) и маркируются. Это важно для последующей площадки получения, где может быть необходимость в контроле и проверке потока материалов для последующей обработки.

На объектах по обработке отработанных растворителей проводятся операции по сортировке и смешиванию небольших объемов растворителей (бочек и т.д.) для подготовки из них топлива или для регенерации растворителей. Цель этих операций с отработанными растворителями состоит в приготовлении в соответствии с заказом (спецификацией потребителя) стабильных и однородных отходов, соответствующих требованиям своего конечного использования (рециклинг, сжигание или совместное сжигание).

Перемещение материалов. Следующей стадией назначения отходов может быть их регенерация, переработка или размещение. Отходы могут быть обработаны на соседней площадке того же самого объекта или может существовать необходимость их перевозки на удаленный объект.

Выбор способа транспортирования отходов зависит от их физической формы. Другими словами, транспортирование газообразных, жидких и твердых материалов осуществляется различными способами. Твердые материалы транспортируются с помощью: конвейерных лент, вилочных автопогрузчиков, пневматических конвейеров, загрузочных ковшей, подъемных кранов, подвижных полов и т.д. Жидкие и полужидкие материалы транспортируются с помощью: насосов, трубопроводов, конвейерных лент, шнеков, подъемников и т.д., а газообразные материалы с помощью: компрессоров и трубопроводов.

Вследствие согласованных усилий по предотвращению образования отходов и разделному сбору любых образующихся отходов, обращение с небольшими количествами отходов (приблизительно до 1 м<sup>3</sup>) является особенно важным. В некоторых странах разработаны системы разделного сбора и транспортирования отходов (например, контейнерная система AS в Германии).

Прием упакованных отходов. Установки для физико-химической переработки принимают отходы, поступающие в цистернах, грузовиках, по трубопроводу или с кораблей. На них отходы обычно хранятся перед обработкой либо в небольших контейнерах, либо в резервуарах.

Промывка и очистка транспортных средств и очистка резервуаров/контейнеров. После поставки и опорожнения транспортные средства/устройства и резервуары/контейнеры (далее - емкости) могут быть очищены на площадке (например, в рамках соглашения с транспортной компанией) или вне площадки. Исключением являются случаи, когда емкости уничтожаются или используются снова для транспортирования сходных отходов (при этом допустимым является содержание в них небольшого остатка отходов от предыдущей партии).

Поскольку многие емкости для отходов чистятся – помимо исключений – чистка проводится вручную с использованием разбрызгивающих устройств, ополаскивающих устройств высокого давления или приемов щеточной очист-

ки и обработки поверхности метлой. Чистка может проводиться внутри или снаружи емкости, для того, чтобы гарантировать возможность ее повторного использования. Чистка внутри является важной для предотвращения переноса веществ. Это может быть важным, например в случае, когда предельное значение для хлорорганических адсорбируемых материалов в сточных водах установки для физико-химической переработки (значение АОХ) составляет 1 мг/л, и эта концентрация может превышена при вторичном наполнении. Также обычно проводится и отдельная очистка моющей воды для исключения загрязнения канализации.

Установка для чистки контейнеров может быть автоматизированной установкой, которая осуществляет чистку снаружи и внутри. Процесс очистки в ней контролируется компьютером с помощью бесконтактных датчиков. Максимальная производительность установки составляет 10 контейнеров в час. Рабочие перемещения управляющих устройств осуществляются гидравлически. Устройства для чистки питаются водой от двух насосов высокого давления с мощностью каждого 132 кВт. Сточные воды направляются в замкнутую систему над существующей системой очистки воды.

Утилизация емкостей. Большая часть поступающих емкостей (стеклянных, металлических или пластиковых) измельчается или дробится перед рециклингом или захоронением. Некоторые емкости и ИВС сортируются для повторного использования в рамках транспортных операций, а другие промываются (или продуваются) перед повторным использованием или продажей.

Способы хранения и объекты. Хранение навалом (насыпью) является широко применимым способом хранения отходов. При этом в связи с требованиями по снижению количества отходов, подлежащих захоронению на полигонах, определенными "Полигонной" директивой, будет увеличиваться количество объектов для временного хранения отходов, подлежащих переработке. В этой связи особое внимание уделяется BREF Хранение, Директиве Севезо II<sup>4</sup> и национальным предписаниям.

Жидкости могут храниться в резервуарах и (или) контейнерах (например, стеклотара, бочки, крупные контейнеры), хранилищах, на складе и на открытых площадках (например, сточные воды). Твердые материалы можно хранить в кучах, мешках и навалом, в бункерах и хранилищах. Твердые отходы можно хранить в закрытых местах, например, в закрытых зданиях (например, с соответствующей системой фильтрации и очисткой отходящих газов для снижения запахов и выбросов в воздух) и управлять ими с помощью подъемного крана, мостового крана или конвейерной ленты или бункера (например, в форме цилиндра или параллелепипеда со шнеком или подвижным полом для удаления твердых отходов).

После разгрузки отходы перемещаются на хранение, для чего могут использоваться резервуары или пруды для наливных грузов, приемные воронки для твердых материалов и тележки, либо площадки и склады для контейнеров.

<sup>4</sup>Директива Совета 96/82/ЕС от 6 декабря 1996 г. о контроле опасностей крупномасштабных аварий, связанных с опасными веществами.

На некоторых площадках может храниться смесь или неочищенные материалы перед транспортированием для использования в другом процессе.

Площадки для хранения часто бывают самым видимым аспектом установки. Ключевые проблемы для операторов при хранении отходов на объекте включают в себя:

- местоположение площадок для хранения
- инфраструктура площадки для хранения
- состояние резервуаров, бочек, сосудов и других контейнеров
- контроль за уровнем запасов
- раздельное хранение
- контейнеры, используемые для защиты окружающей среды и здоровья рабочих.

Контейнеры, используемые для хранения измельченных бочек, или промежуточные контейнеры для насыпных грузов (IBC) также охвачены в этом документе.

Важными соображениями безопасности при хранении и обращении являются профилактика пожара и пожарная безопасность.

Небольшие запасы в лаборатории по существу состоят из веществ в контейнерах с емкостью меньше пяти литров. В них обычно находятся чистые химические элементы и соединения из лабораторий или появляющиеся, когда происходит очистка от лабораторных запасов. Большинство операторов предлагает услуги по упаковке и сбору небольших запасов в лабораториях.

Небольшие запасы в лабораториях обычно сортируются и ссыпаются в бочки (с емкостью 205 л или другие в зависимости от дальнейшей обработки), которые хранятся либо в специализированных закрытых зданиях с принудительной вентиляцией и взрывобезопасными светильниками, либо в местах с навесной крышей.

Для хранения отходов используются также резервуары. Это может быть частью средней по масштабам операции по накоплению отходов с целью их последующей передачи на следующий процесс или крупномасштабной операцией резервуарного парка. В первом случае имеется тенденция ограниченного контроля, сходного с хранением топлив на площадке. Резервуары обычно размещаются на площадке с твердым покрытием и защитой от утечек. Тип хранения применяется в зависимости от необходимости гомогенизации при хранении.

Часто хранение в контейнерах связано также с процессами классификации, используемые контейнеры также оснащаются устройствами для снятия пленки с целью удаления плавающих веществ и отсасывающими вентиляторами для удаления отстоя. Если процедуры классификации невозможны, отходы вместо этого могут подвергаться непрерывному перемешиванию для поддержания состояния гомогенности.

Емкости для хранения. Вопрос выбора емкостей для хранения требует планирования, так как он влияет на организацию всего процесса обработки отходов.

Опорожнение контейнеров Операция приема и осаждения текучих отходов. Текучие отходы поступают в контейнерах, автоцистернах или в транспортных средствах вакуумного типа. Когда они поставляются в контейнерах, то собирают-

ся с конвейерной ленты с помощью управляющего устройства, транспортируются в предварительно выбранный приемный бассейн и здесь опорожняются в полуавтоматическом режиме. Жидкая фаза по уклону протекает в осадочный бассейн, а содержащиеся в отходах грубые твердые частицы удаляются и собираются в контейнеры. С помощью системы контроля выбираются осадочные бассейны (8 в общей сложности).

Когда отходы поставляются в резервуарах или в транспортных средствах вакуумного типа, они прибывают в зону опорожнения, а резервуары соединяются с сетчатым фильтром с помощью трубы, где удаляются грубые примеси (например, перчатки и ткань). Металлические элементы удаляются с помощью магнитного сепаратора. Затем они с помощью трубопроводной системы направляются в бассейн, предварительно выбираемый системой контроля.

Многоярусные склады-стеллажи для опасных отходов с компьютерным контролем. Многоярусные склады-стеллажи служат в качестве средства безопасного хранения и являются контролируемой зоной для отходов, поставляемых в закрытых контейнерах. Нельзя направлять на хранение не упакованные отходы. На площадке для хранения имеется 1680 позиций для хранения в двух вместительных для хранения и имеется зубчатая передача с 250 перегрузочными бункерами. Для перегрузки многоярусные склады-стеллажи располагают цепными конвейерами и ковшовыми подъемниками. Для предотвращения пожаров приемная площадка имеет установленные огнетушители. Из зоны многоярусных складов-стеллажей отходы транспортируются на индивидуальные установки, где они обезвреживаются, утилизируются или предварительно готовятся для размещения или обработки.

Обращение с материалами от установки для физико-химической переработки. Обращение с материалами требует их правильной упаковки и защиты при перегрузке. Небольшие количества пакуются в удобные для работы емкости, например, бутылки или коробки. Большие количества в емкости с объемом от 100 до 12000 л. Перед обработкой отходов емкости для их хранения должны опорожняться. Для этой цели необходимы соответствующие устройства:

- механизмы для открытия;
- удерживающие и зажимные механизмы;
- подъемные и поворотные устройства.

Для ограничения разнообразия технических устройств и обеспечить удобства обращения, емкости для хранения должны быть безопасными и эффективными. Поскольку емкости для хранения соединены с системами обработки отходов процесс их опорожнения требует наличия:

- опытного персонала;
- знаний о материалах/отходах;
- безопасного оборудования/устройств;
- мер/устройств для контроля выбросов;
- подходящих и легко управляемых перехватывающих резервуаров;
- решений по способу обращения с опорожненными емкостями.

Опыт демонстрирует, что остатки всегда остаются внутри емкости для хране-

ния или в верхней части транспортных средств, а опорожнение часто затрудняется отложением твердых частиц, клеевых и отверждающих компонентов в отходах.

Тем не менее, после опорожнения емкости для хранения она должны быть очищена независимо от ее дальнейшего использования. Исключения из этого правила могут быть, если:

- емкость подлежит размещению как отход и содержащиеся в ней остатки транспортируемых отходов не оказывают влияния на возможность (допустимость) осуществления этой операции.
- емкость подлежит повторному использованию в аналогичной операции и допускается наличие остатков отходов после ее опорожнения.

Остатки, остающиеся после опорожнения, а также остатки промывки перерабатываются таким же образом, что и отходы, если только это невозможно вследствие их консистенции. Например, осадки от размещения нефти или маслоотделителей можно переработать или утилизировать частично с помощью простых операций промывания, в то время как водная фаза должна подвергаться физико-химической переработке. Промывание обычно делается водой. Воздействии можно усилить с помощью давления (до 100 бар), температуры (до 80°C и пара) и (или) добавки растворителей и (или) поверхностно-активных веществ.

#### ***1.2.1.5. Смешивание и приготовление смесей***

Отходы после их образования должны, в принципе, держаться отдельно от других отходов. Причины этого состоят в том, что повторное использование/утилизация однородных потоков обычно проходит легче, чем для смешанных потоков. Однако, при определенных условиях, можно перерабатывать различные потоки отходов так же, а иногда даже лучше, если они смешиваются. В этом разделе рассмотрены различные правила, которые можно применять в отношении того можно ли разрешать или нет смешивание/приготовление смесей, и при каких условиях это следует делать.

Цель. Вследствие гетерогенной природы отходов, смешивание и приготовление смесей требуется в большинстве операций переработки отходов для того, чтобы гарантировать однородное и стабильное исходное сырье из отходов, которые должны быть в конечном итоге переработано. Термин "составление смесей" используется больше для смешивания жидкостей, чем для твердых материалов, если только не смешиваются твердые материалы с жидкими веществами. Термин "смешивание" используется больше для твердых материалов и полутвердых материалов (например, пастообразные материалы).

Для некоторых типов отходов требуется предварительное смешивание или составление смесей перед переработкой. Например, концентрация составляющих отходов может значительно изменяться вследствие различий в концентрации поступающих отходов. Это особенно справедливо для большинства коммерческих установок для переработки. При смешивании можно контролировать такие вариации до диапазона, который не нарушит характеристик последующих отдельных процессов переработки. Однако этот вопрос нельзя смешивать с разбавлени-

ем, и это причина, почему такая переработка много раз запрещалась (например, опасные отходы и Полигонная директива) для широкого диапазона концентраций. Процессы составления смесей и смешивания проводятся потому, что имеется техническое требование от установки по обработке отходов гарантировать однородность и устойчивое исходное сырье, а не использовать способы для облегчения приемки отходов.

Как предписано в Директиве по опасным отходам 91/689/ЕЕС, операции смешивания и приготовления смесей запрещены, если только иное ясно не установлено в лицензии сборщика или переработчика. Освобождение от требования разрешения может применяться компетентным органом, если учреждения или предприятия осуществляют утилизацию отходов, и если компетентные органы установили общие правила для каждого типа смешивания и приготовления смесей, определяющие типы и количества отходов и условия, при которых может применяться смешивание и приготовление смесей и если Статья 4 Рамочной директивы по отходам учитывает установление этих общих правил в отношении учреждений и предприятий. Для предоставления такой лицензии применяются следующие базовые принципы:

- следует предотвращать смешивание отходов, которое приведет к риску для здоровья человека и к негативным воздействиям для окружающей среды;
- следует предотвращать такое смешивание, которое приводит к тому, что любой из смешиваемых для переработки отходов будет более низкого качества, чем это желательно;
- следует предотвращать такое смешивание, которое вызывает ущерб для окружающей среды вследствие диффузного распространения опасных для окружающей среды веществ.

Следующее уточнение базовых принципов для смешивания отходов применяется, как к опасным, так и к неопасным отходам. Опасные отходы должны храниться отдельно друг от друга. Смешивание можно разрешать только, если оно не приведет к рискам для людей и окружающей среды и если не будет проблем безопасности вследствие смешивания для всех типов операций (например, риски безопасности для рабочих, соседей установки и т.д.). В Статье 2, §3 Директивы об опасных отходах утверждается, что такая операция может проводиться только, если выдана лицензия. К лицензии могут прилагаться условия, позволяющие согласно лицензии смешивать опасные отходы с другими (опасными) отходами, средствами и другими продуктами согласно лицензии. Когда основная функция смешивания отходов состоит в достижении разбавления определенных видов отходов для того, чтобы соответствовать менее жестким требованиям, смешивание запрещается. В границах лицензии по смешиванию и приготовлению смесей руководитель работ по переработке отходов несет ответственность за составление и применение рекомендаций по смешиванию и приготовлению смесей. То, в директиве, во-первых, уточнены основные принципы для выдачи лицензии. Во-вторых, приведены принципы и соображения для составления руководств по смешиванию и приготовлению смесей в границах разрешения.

Принцип действия. Смешивание двух или нескольких отходов для того, чтобы обычно получился один продукт.

Входной и выходной потоки. Применимо для твердых и жидких отходов. Конечный продукт может также быть в твердой или жидкой фазе.

Описание процесса. Основные принципы согласно упомянутому выше разделу о целях (предотвращение риска, нестандартная переработка и предотвращение диффузного распространения) имеют в качестве своей главной цели защиту здоровья человека и окружающей среды от вредных влияний и содействии утилизации отходов в пределах граничных условий. Ради высокого уровня защиты и эффективного надзора эти общие базовые принципы должны быть отражены в лицензионных условиях и регламентах работы, на основании которых можно четко определить, можно ли разрешать смешивание/приготовление смесей. Следующее уточнение базовых принципов является предписывающим:

смешивание веществ, которые энергично реагируют друг с другом (выделение тепла, воспламенение, газообразование) или образуют взрывоопасные вещества, должно быть предотвращено. Должно быть предотвращено смешивание, которое приводит к рискам для здоровья человека и окружающей среды, как в течение самой операции смешивания, так и в течение последующего процесса обработки. Соответственно в лицензии оператора с отходами должно быть отражено, что обработка отходов с указанными свойствами должно осуществляться таким образом, чтобы перед их смешиванием была проведена оценка безопасности этой операции. Это может быть достигнуто с помощью определения совместимости перед смешиванием/приготовлением смесей для любой цели и любого вида отходов.

- должно быть предотвращено смешивание отходов, которое приводит к более низкому уровню переработки отходов, чем при наилучшем возможном уровне обращения с отходами, или к применению экологически необоснованного обращения с отходами. Это означает, например, что если операция утилизации является минимальным стандартом переработки потока отходов, смешивание таких отходов с другими отходами для того, чтобы довести смесь до любого пути размещения, не допускается. Например, смешивание жидких или медицинских отходов с другими отходами ради полигонного депонирования не разрешается. Также не разрешается смешивание отходов с содержанием СО<sub>2</sub> выше минимального их содержания (как определено в рамках Базельской или Стокгольмской конвенции) с другим материалом единственно с целью получения смеси с содержанием СО<sub>2</sub> ниже определенного низкого их содержания и т.п.

- смешивание отходов следует предотвращать, когда это приводит к нежелательному диффузному распространению опасных для окружающей среды веществ. Воздействия диффузного распространения определяются по виду и концентрации опасных для окружающей среды веществ в сочетании с выбранным методом обработки. Т.е. следует оценить, какое негативное воздействие на окружающую среду оказывают образующиеся при выбранном методе обработки продукты, а также отходы, сбросы в воду и выбросы в воздух. Также необхо-

димо сравнить эти негативные последствия с воздействиями на окружающую среду другого пути обработки. Эта оценка должна также учитывать циклический характер будущего повторного использования.

Применение. Операции смешивания/приготовления смесей имеют место во всех видах деятельности по обращению с отходами (биологическая переработка, приготовление топлива, загрязненные почвы, отработанные масла и т.д.). Иногда они весьма специфичны для каждой деятельности обращения с отходами. Некоторые из этих проблем охвачены также в индивидуальных разделах для каждого вида деятельности в сфере обращения с отходами.

#### **1.2.1.6. Вывод из эксплуатации**

Цель. Вывод из эксплуатации является неотъемлемой частью жизненного цикла объекта по обработке отходов. Эта операция подлежит планированию, а факт вывода из эксплуатации требует документального подтверждения. Цель вывода из эксплуатации состоит в возврате объекта к условиям, подходящим для выбранного нового использования.

Принцип действия. Для вывода из эксплуатации объекта по обращению его оператор должен заранее продемонстрировать, что последствия данной операции не будут вызывать загрязнения окружающей среды.

План вывода из эксплуатации должен включать в себя четкий и организованный порядок действий и методов, которые следует выполнять при прекращении всех работ на объекте. Планирование необходимо для обеспечения того, чтобы выведенный из эксплуатации объект:

- создавал минимальный риск для здоровья человека и окружающей среды;
- требовал минимального обслуживания после закрытия.

Потоки поступающего сырья и продуктов. Не применимо к данному случаю.

Описание процесса. Степень вывода из эксплуатации будет зависеть от типов принимаемых отходов, конструктивных особенностей объекта их обработки и выбранного нового использования.

Прекращение приемки отходов на объект обычно является следствием проверки лицензии на обращение с отходами. Эта проверка позволяет отозвать лицензию или изменить ее для отражения изменений в деятельности на объекте.

План вывода из эксплуатации объекта по обращению с отходами требует гарантии, что у его оператора имеются финансовые средства для проведения данной операции, даже если оператор установки начинает процедуру банкротства. Эта гарантия может быть в форме страховки, корпоративной гарантии или другого финансового инструмента. Денежная сумма определяется на основе оценки затрат, приготовленной как часть плана вывода из эксплуатации объекта по обращению с отходами.

Вывода из эксплуатации объекта хранения отходов или обработки отходов требует перемещения всех остающихся отходов на другой объект. Все оборудование и устройства, которые находились в контакте с отходами, должны быть очищены от загрязнений. Это может быть связано с удалением бетонного фун-

дамента, использованного для поддержания контейнеров с отходами, а также загрязненной почвы в местах, где происходили утечки.

Применение. Применимо ко всему сектору обращения с отходами.

### **1.2.1.7. Переработка мелких фракций**

Цель. Цель состоит в идентификации различных типов отходов для их правильной обработки.

Принцип действия. Вещества, которые должны обрабатываться, сортируются вручную и переупаковываются, дробятся при необходимости, кондиционируются и передаются на внутренние и (или) внешние установки для размещения.

Описание процесса. Система делится на три пространственно разделенные части:

- сортировка химических веществ. Она проводится в сортировочной камере и с аспиратором для отделения лабораторных химикатов для различных производственных маршрутов (например, рециклинг, размещение, сжигание и депонирование в подземном захоронении)
- манипуляции с упаковкой для опорожнения контейнеров с жидкостью с объемом от 0,1 до 200 л. Небольшие объемы отходов объединяются с целью создания крупных партий (растворителей или кислот). Эти объемы объединяются в последующем высокотемпературном сжигании или утилизации в установке для физико-химической обработки. В последующей по ходу установке происходит дробление опорожненных контейнеров;
- обработка химикатов для защиты растений, реакционно-способных веществ или веществ с интенсивным запахом в специальной камере.

Применение. Переработка опасных отходов из частных домовладений, университетов, лабораторий и коммерческих предприятий.

### **1.2.1.8. Уменьшение размеров**

Цель. Подготовка твердых отходов до размера, пригодного для дальнейшей переработки или извлечения отходов, которые трудно откачать или декантировать. Снижение размеров частиц.

Принцип действия. Технологиями, используемыми в установках, являются измельчение, грохочение, фракционирование, кондиционирование и компаундирование. Используются шредеры с медленным движением, молоты и специальные шредеры.

Потоки поступающего сырья и продуктов. В систему можно подавать бункеры и аэрозольные баллончики. Газы перерабатываются в установке для очистки, а жидкие и твердые компоненты удаляются или направляются для обработки.

Описание процесса. Некоторые примеры описаны ниже.

Шредер для емкостей. Устройство для переработки состоит из шредера для измельчения пустых, полупустых и полных емкостей с емкостью от 11 до 1000 л. Подающая система работает с электронным автопогрузчиком. Сам шредер размещен в канале, выдерживающем высокое давление высотой 12 м с разгрузочной площадкой наверху. Емкости транспортируются с помощью электронного авто-

погрузчика через открытую дверь к шредеру. После этого дверь закрывается и автоматически начинается процесс измельчения, на следующей стадии измельченный материал падает в резервуар, который после заполнения транспортируется из канала на следующие стадии обработки. Выделяемые отходящие газы очищаются в установке дожигания. Другими защитными устройствами являются фольга из полиэтилена высокой плотности с двойным слоем с регулированием вакуума на дне и автоматическая подача азота и заводнение в закрытом канале.

Шредер для измельчения аэрозольных баллончиков. Устройство для переработки состоит из шредера для измельчения аэрозольных баллончиков, двух конденсационных установок и одного сборного бака. Сборный бак имеет приспособление для заправки конденсированных и подогретых (наружная температура) газов. Этот бак имеет также устройство для подачи азота для охлаждения конденсатора и устройства для инертизации. Другими частями устройства являются сборный бак для жидких отработанных растворителей и бункер для металлолома. Шредер периодически дробит аэрозольные баллончики. Шредер работает в инертной среде азота и является газоплотным. Газы и другие химически активные агенты, которые все еще содержатся в аэрозольных баллончиках, выделяются в шредере. Эти выделяющиеся газы (большой частью распыляющие вещества) попадают в конденсационную установку и конденсируются. Конденсат хранится в газосборной емкости. На следующей стадии газы заполняют газовый баллон под давлением и транспортируются в устройство для сжигания опасных отходов. Несконденсированные газы транспортируются в регенеративное устройство для очистки отходящих газов, где они сжигаются. Твердые остатки от измельчения (металлолом) отделяются от жидких веществ. Жидкие и твердые компоненты отдельно сбрасываются через разные затворы. Твердые компоненты, например, металлическая фракция, направляются на утилизацию или размещение. Жидкие соединения, например, краска и лак для волос, временно хранятся в баке, а затем декантируются в 800-литровые бункеры. 800-литровые бункеры транспортируются на установку для сжигания опасных отходов, где жидкие отходы используются для дополнительного сжигания (термический рециклинг).

Применение. Установки для переработки бункеров и аэрозольных баллончиков. Подготовка отходов для использования в качестве топлива. Операция уменьшения размера применяется для различных видов отходов, таких как пластиковые или металлические емкости, масляные фильтры, муниципальные твердые отходы, твердые крупногабаритные отходы, отходы древесины, аэрозоли и стекло.

#### ***1.2.1.9. Другие общие способы***

В этом разделе описаны общие способы, используемые в секторе обращения с отходами. Это главным образом механическая обработка. Она обычно используется как предварительная обработка, но иногда используется также как последующая обработка (например, грохот). Способы показаны в табл. 2.3, в которой, также, определена цель переработок и где они используются.

Таблица 1.2.3 ОБЩИЕ СПОСОБЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ ОБРАЩЕНИИ С ОТХОДАМИ

Способ	Цель	Пользователи
Очистка	Удаление загрязняющих веществ, которые в противном случае должны были бы быть компонентами отходов запрещенными для утилизации	Конденсаторы и трансформаторы с ПХБ
Переупаковка (например, пакетирование)	Вследствие разьединенной природы некоторых видов отходов иногда необходимо уплотнять их для облегчения использования в следующем процессе. Прессовое оборудование используется для упаковки отходов в определенную физическую форму	Используется для муниципальных твердых отходов, применяемых в качестве топлива, и для тюков пластиков, бумаги и металлов. Размер и форма тюка обычно оптимизируются для транспортирования и повторного использования
Просеивание		
Осаждение	Отделяются твердые компоненты в жидких отходах для дальнейшей переработки	Подготовка топлива из жидких отходов
Грохочение	Используется для отделения крупных частиц. Используются вибрационное сито, статическое сито и барабанное сито	Подготовка отходов для использования в качестве топлива
Сортировка и обработка скрапа		
Промывка	Одной целью промывки должна стать возможность повторного использования емкостей на установках или для продажи на другие установки для повторного использования. Операции промывки емкостей часто не включают в себя реальную переработку, а только промывку и осаждение. Ряд переработчиков промывают масляные фильтры и предоставляют очищенную металлическую фракцию для рециклинга	На большинстве установок для переработки вводят оборудование для промывки автоцистерн, чтобы была возможность удаления остатков из автозаправщиков. Могут также применяться для хранения емкостей и бочек. Установки для физико-химической переработки

### 1.2.1.10. Примеры установок для обращения с отходами, применяющих только общие способы обработки

Некоторые виды деятельности по обращению с отходами являются очень специфическими. В особенности это относится к виду перерабатываемых отходов. Некоторые примеры перечислены ниже.

Технологии для очистки трансформаторов можно разделить на три основных категории:

- слив масла с ПХБ из трансформатора с последующим обеззараживанием этого масла и возврат очищенного продукта в трансформатор для повторного использования;
- экстракция масла с ПХБ с помощью смывки трансформатора растворителем с последующей разборкой и дальнейшим обеззараживанием компонентов, чтобы была возможность рециклинга металлических компонентов;
- после соответствующей предварительной переработки масла с ПХБ можно перерабатывать водородом при повышенных температурах. При этом, трансформаторы по существу не утилизируются.

Примером второго случая является следующее: корпуса трансформаторов очищаются с помощью промывки трихлорэтиленом (ТСЕ). При этом, корпу-

са заполняются растворителем, и он остается в течение определенного времени перед тем, как растворитель заполняется новым ТСЕ. Эта операция повторяется (обычно три раза) до тех пор, пока корпус не пройдет необходимые "низковольтные электрические испытания эмалевого покрытия на "сплошность". В течение операции очистки корпус трансформатора остается открытым для атмосферы или с зазором покрывается стальной плитой. В результате происходят потери от испарения ТСЕ в воздух.

Обычно эта деятельность проводится на специализированных площадках. Образующиеся отходы: масла, бочки, моющая вода и осадок растворителя для химической чистки направляются на сжигание.

Очищенные корпуса трансформаторов и обмотки направляются для использования после тщательной очистки с помощью ТСЕ.

Конденсаторы сходны с трансформаторами в том отношении, что они состоят из обкладок, находящихся в металлическом корпусе. Однако обкладки не медные обмотки, а вместо этого состоят из тонкой алюминиевой фольги, разделенной тонкими пленками бумаги и (или) пластика. Способы, используемые для очистки этих конденсаторов, таковы:

- удаляется корпус конденсатора и происходит обеззараживание с помощью промывки растворителем; это непосредственный процесс обеззараживания, так как корпус не является пористым. Обкладки сжигаются.

- возможность пройти на один шаг дальше и обработать обкладку после ее удаления из корпуса. Этот шаг обеззараживания обычно связан с измельчением обкладки и обработкой в растворителе. Это позволяет снизить уровень остаточного ПХБ.

- технология, которая позволяет достичь наивысшего уровня рециклинга, сходня с упомянутой, но при этом дополнительно происходит обработка смешанного остатка алюминия/пластика/бумаги с отделением от этих компонентов с помощью промывки растворителем. Металлический алюминий можно затем повторно использовать; единственный компонент, который приходится удалять, это смешанные отходы бумаги/пластика.

Устройство для разрушения аэрозольных баллончиков может принимать различные остатки или материалы из сборных пунктов. Потенциальное содержание обычно известно. Это обычно бывает вытесняющий газ (обычно применяется сжиженный нефтяной газ, бутан, пропан, диметиловый эфир или хлорфторуглеводороды) и активные ингредиенты. Часть содержимого баллончиков опорожняется, в то время как в других частях все еще могут оставаться вытесняющие газы, хотя они не определены количественно. Другие остатки могут не пройти испытание на герметичность, и, вероятно, потеряют газ на пути к устройству для разрушения. Любой газ, все еще остающийся в аэрозольных баллончиках, представляет риск аварии в течение обработки.

По крайней мере, одна установка во Франции используется для переработки аэрозольных баллончиков.

Лобовое стекло автомобилей ламинировано поливинилбутиратом. Оно удаляется на стадии предварительного измельчения и направляется на полигон. Операции по измельчению стекла проводятся с муниципальными и промышленными стеклами. На площадки для измельчения обычно не принимают стекла с покрытием от электронного оборудования.

Отделение ртути из люминесцентных ламп. В настоящее время это слабо развитая деятельность в ряде стран, но существующие объекты в настоящее время сталкиваются с повышенным спросом. В настоящее время в большинстве случаев используется процесс измельчения. Однако еще один процесс, недавно разработанный, это процесс без измельчения с утилизацией 99% ртути.

В странах ЕС обязательным является сбор хлорфторуглеродов для удаления. Обычно это смазочные масла, собираемые со слива холодильников, которые также перерабатываются для удаления остаточных хлорфторуглеродов перед утилизацией. Затем хлорфторуглероды могут сжигаться. На нескольких инсинераторах в ЕС утилизируют плавиковую кислоту.

### 1.2.2. Биологическая обработка отходов

При биологической обработке используются живые микроорганизмы для разложения органических отходов либо до воды, CO<sub>2</sub> и простых неорганических соединений или до простейшей органики, такой как альдегиды и кислоты. Имеется несколько видов биологической обработки, используемых для переработки отходов, однако, не все они включены в область действия этого документа. В табл. 2.4 вместе с информацией, включенной в раздел области действия, сделана попытка прояснить, какие виды обработки включены в этот документ.

Таблица 1.2.4 БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ОТХОДОВ

Биологическая обработка	Краткое описание	Включены в этот документ?
Активный ил	Разложение органических отходов в воде с помощью микроорганизмов. Вода подвергается рециклингу и аэрируется для содействия биологическому росту микроорганизмов и образованию ила. Две обычно применяемые системы: системы с суспензионной культурой и системы организмов-обратателей	Включена как очистка сточных вод (см. Раздел 2.6)
Аэрируемые отстойники	Крупные отстойники с высокой концентрацией микроорганизмов. Отстойник аэрируется для содействия биологическому росту микроорганизмов и разложению отходов	Включена как очистка сточных вод (см. Раздел 2.6)
Компостирование	“Специализированная” насыпь из отходов, созданная для содействия биологическому разрушению твердых органических веществ, образованию гумусового вещества, ценного как почвоулучшитель.	Не включено в этот документ
Аэробное сбраживание	Снижение органического содержания отходов. Применяется для твердых отходов, периодически образующихся сточных вод, биоремедиации и для остатков и почв, загрязненных нефтепродуктами	Механико-биологическая обработка (см. Раздел 2.2.2 и Раздел 2.2.3). В этом документе охвачена только внешняя биоремедиация

Биологическая обработка	Краткое описание	Включены в этот документ?
Анаэробное сбраживание	Разложение органического вещества в закрытых емкостях при отсутствии воздуха. Используется две формы бактерий: кислотообразующие и метанообразующие. Применяется для твердых и жидких отходов, высоко загрязненных сточных вод (например, хлорированными соединениями), биоремедиации и для производства биогаза, используемого в качестве топлива	См. Раздел 2.2.1 и Раздел 2.2.3. Охвачена только внешняя биоремедиация

### 1.2.2.1. Анаэробное сбраживание

Цель. Анаэробное сбраживание используется в промышленности для обращения с отходами с высоким ХПК и как процесс обработки осадков сточных вод после аэробной очистки сточных вод. Производство биогаза с помощью контролируемого анаэробного сбраживания является одним из основных преимуществ процесса.

Принцип действия. Анаэробное сбраживание включает в себя бактериальное разложение органического материала при (относительном) отсутствии кислорода. Одним из основных ограничений процесса анаэробного сбраживания является невозможность разложения лигнина (основного компонента древесины). В этом состоит противоположность процессу аэробного биоразложения.. Потоки поступающего сырья и продуктов

Анаэробные процессы можно использовать для непосредственной переработки жидких отходов, активного ила, образующегося на ранней аэробной стадии, органических твердых веществ и осадков. Включение другого исходного сырья, такого как осадки сточных вод изменяет образующийся остаток сбраживания. Однако важно отметить, что смешивание бытовых отходов с этим исходным сырьем улучшает экологические и экономические аспекты процесса и уже применяется на ряде установок (особенно совместного сбраживания с навозной жижей и навозом на небольших установках на фермах).

В этом процессе углерод из поступающей органики в основном преобразуется в метан и диоксид углерода, а затем выделяется в виде биогаза, которые можно сжигать с производством энергии или сжигать на факеле для ослабления выбросов летучих органических соединений. Отношение метана к диоксиду углерода будет меняться с изменением потока отходов и температуры системы. Система нуждается в сбалансированной подаче исходного сырья для доведения до максимума образования метана. Установки целенаправленно используют отходы, богатые углеродом, которые используют имеющийся азот (и, вероятно, дополнительно требующийся за счет биоаугментации<sup>3</sup>).

Процесс анаэробного сбраживания приводит к образованию метана, с теоретическим образованием 348 нм<sup>3</sup>/т ХПК. Обычно при анаэробном сбраживании при переработке биологических муниципальных отходов образуется 100-200 нм<sup>3</sup>/т ХПК. Образование биогаза очень чувствительно к исходному сырью, обнаружены на одной установке колебания от 80 до 120 нм<sup>3</sup> в зависимости от

поступающих отходов. Биогаз можно использовать для производства электроэнергии (для внутреннего потребления или для экспорта), его можно сжигать в котлах для получения горячей воды и пара для промышленных целей, и его можно также использовать в качестве альтернативного топлива в автомобилях малой и большой грузоподъемности. Типичный состав биогаза: 55-70% метана, 30-45% диоксида углерода и 200-4000 частей на млн. сульфида водорода.

Полутвердый остаток, под названием остаток сбраживания, подвергается дальнейшей переработке обычно с помощью аэробного сбраживания. В некоторых странах разрешено непосредственное применение остатка сбраживания на сельскохозяйственных землях в определенных обстоятельствах (например, в Швеции, Дании). Риск применения остатка сбраживания на почве, главным образом, вследствие наличия тяжелых металлов, обычно контролируется национальным законодательством в различных странах ЕС. Так же как и основной продукт процесса, т.е. твердый остаток сбраживания, имеются также небольшие количества дополнительного щелочного раствора, который можно подвергнуть обезвоживанию для получения жидкого удобрения или направить на установку для очистки сточных вод (часто с последующим отделением части твердых веществ).

Описание процесса. Основными переменными процесса являются методы контактирования отходов с биомассой (микробами), влагосодержание отходов (например, отходы жидкие, в виде суспензий или твердые), а также метод и степень аэрации. Анаэробное сбраживание обычно состоит из следующих стадий:

Механическая подготовка. Для того, чтобы улучшить процесс сбраживания, такие материалы как пластик, металлы и компоненты большого размера удаляются из перерабатываемых отходов. Отделение можно проводить во влажных или сухих условиях. После этого используется дополнительный процесс уменьшения размеров отходов для создания более однородного материала, что помогает ферментации и облегчает переработку. Уменьшение размеров можно осуществлять с помощью шнека, дробления, обработки в барабане, протирочной машины или шредера.

Сбраживание. Имеется ряд различных методов, используемых для эффективного сбраживания. Они обычно различаются на основе рабочей температуры (термофильные установки работают примерно при 55оС (50-65оС), а мезофильные – при 35оС (20-45оС) и процента сухого вещества в исходном сырье (например, сухие системы с 30-40% сухого вещества, влажные системы с 10-25% сухого вещества). Вообще говоря, чем выше температура, тем быстрее идет процесс, но термофильный процесс может быть труднее для контроля, и потребуются больше биогаза для поддержания требуемой температуры. Некоторые обычные технологии, имеющиеся в настоящее время, перечислены в табл. 2.5.

<sup>5</sup>Процесс роста и воспроизведения микроорганизмов.

Таблица 1.2.5 ТЕХНОЛОГИИ АНАЭРОБНОГО СБРАЖИВАНИЯ

Технология сбраживания	Описание	Вход
Влажная одностадийная	Твердые отходы суспендируются с технической водой для получения разбавленного исходного сырья для подачи в смесительную емкость биореактора	Процесс можно использовать для твердых коммунальных отходов самих по себе, но при влажном процессе проводят совместное сбраживание с разбавленным исходным сырьем, таким как навоз животных и органические промышленные отходы
Влажная многостадийная	Твердые отходы суспендируются и ферментируются с помощью гидролитических ферментов и ферментативных бактерий для выделения летучих жирных кислот, которые затем преобразуются в биогаз в высокоскоростном устройстве для анаэробного сбраживания промышленных сточных вод	Система используется для сбраживания твердых коммунальных отходов и влажных органических отходов от переработчиков продуктов питания
Сухая непрерывная	В биореактор непрерывно поступает сырье при периодической подаче 20-40% сухого вещества. Как в варианте смешанного сырья, так и идеального вытеснения, тепловой баланс благоприятен для термофильного сбраживания	
Сухая периодическая	Загрузка затравливается остатком сбраживания от другого реактора и остается для естественного сбраживания. Фильтрат рециркулирует для поддержания влагосодержания и для перераспределения метановых бактерий по реактору	
Периодического действия	По существу вариант сухого периодического процесса, в котором фильтрат обменивается между сформировавшейся и новой загрузкой для облегчения запуска, затравки и удаления летучих материалов из активного реактора. После установления остатка реактор отсоединяется от сформировавшейся загрузки и соединяется с новой загрузкой в другом реакторе	
Биореактор массового типа		

Применение. Установки для анаэробного сбраживания в настоящее время используются для муниципальных отходов (в особенности биоотходов, разделенных в источнике образования), но испытываются также для обработки опасных отходов. На некоторых установках анаэробного сбраживания на очистных сооружениях резервные мощности используются для ряда промышленных неопасных отходов. Анаэробное сбраживание муниципальных отходов имеет практику коммерческого использования около 10 лет (преимущественно, в Германии, Нидерландах и Дании). Имеются разработки в Испании, Португалии и Бельгии. Также данный метод используется в ограниченной степени в других странах, таких как Швеция, Соединенное Королевство и Франция.

### **1.2.2.2. Механико-биологическая обработка**

Цель. Механико-биологическая обработка (МВТ) обычно проектируется для утилизации материалов для одной или более целей и для стабилизации органической фракции остаточных отходов. Практическими преимуществами установок МВТ, являются, прежде всего, снижение:

- объемов отходов
- содержания органического вещества в отходах, которые направляются для конечного размещения (на полигон или сжигание).

Еще одной целью МВТ является разделение материалов для дальнейшей переработки (например, подготовки твердого топлива из отходов). Биологическое сбраживание предназначено для снижения веса и для придания инертности любым биологически активным органическим материалам (что обычно называется "стабилизированные остатки"). Обычные значения для общих потерь воды и биоразлагаемых материалов могут находиться в диапазоне от 20 до 35%, в основном в зависимости от времени переработки. Дальнейшее снижение объема отходов, направляемых на полигон, может быть достигнуто с помощью механического разделения выходного продукта, и, в конечном итоге, оно может быть выше 60%.

Принцип действия. Установки МВТ значительно снижают влажность за счет экстракции, уменьшения и стабилизации органического содержания в отходах. Такая переработка связана с механическим разделением отходов, биологической обработкой (анаэробное и (или) аэробное сбраживание) органической фракции и дальнейшим механическим разделением при необходимости.

МВТ приводит к снижению содержания биоразлагаемых органических веществ, объема, влагосодержания, потенциала образования газа и респираторной активности отходов, а также способствуют значительному улучшению поведения при выщелачивании и осаждении.

Потоки поступающего сырья и продуктов. В принципе, многие типы материалов отходов можно принимать на установки МВТ. Материалы, разрушаемые и сбраживаемые на биологической стадии, включают в себя бумагу и картон, садовую/кухонную органику и органическое содержимое в памперсах, упаковке, текстиле, некоторых типах осадков сточных вод и т.д. Как правило, на установку МВТ поступают только смешанные, несортированные отходы. Однако в некоторых положениях законодательства ЕС и в изменениях к процессам переработки не допускается или ограничивается обработка на установках МВТ некоторых видов отходов. Некоторыми примерами являются опасные отходы, отходы, для которых специальная обработка является обязательной вследствие законодательства ЕС (например Регламент (ЕС) № 1774/2002 Европейского Парламента и Совета от 3 октября 2002 г., заложивший правила в отношении здоровья, касающиеся побочных продуктов животного происхождения, не предназначенных для потребления человеком), отходы, для которых биологическая обработка не годится, и отходы, вызывающие затруднение биологической активности.

Выходная продукция с установок МВТ значительно снижена по весу и стабилизирована (снижение выбросов от продукции по сравнению с необработанным материалом может достигать приблизительно 90-98% для условий полигонного депонирования).

Такие показатели очень вариативны и в значительной мере зависят от того, как рассчитывается снижение выбросов (например, образование газа и респираторная активность). В некоторых странах отходы переработки могут использоваться как материал для отсыпки (покрытия) полигона, если загрязнение достаточно низкое - как компост низкого сорта, серый компост<sup>6</sup> или стабилизированные биоразлагаемые отходы или могут депонироваться на полигоне. Качество вторичных отходов обычно бывает неприемлемо для широкого применения вследствие содержания в них инертных фракций (стекло, пластик и т.д.) и тяжелых металлов, имеющихся в других отходах, поступающих в поток (батарейки и т.д.). Другой выходной продукцией являются горючие фракции и материалы, пригодные для рециклинга (например, металлы, пластмассы).

Описание процесса. Установки МВТ являются очень гибкими и их можно строить на модульной основе. Стадия механической обработки включает в себя сегрегацию и кондиционирование отходов. Процессы, которые могут быть связаны с этой стадией, следующие:

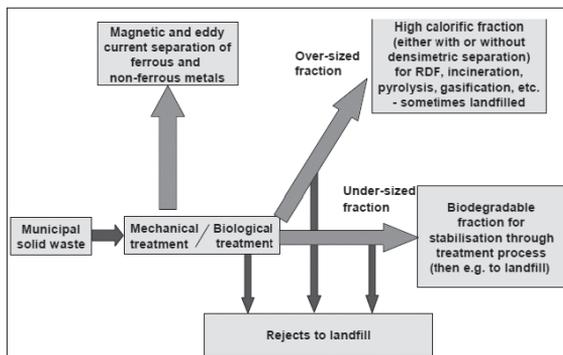
- вскрытие мешков с отходами (при необходимости) (например, шредеры);
- извлечение нежелательных компонентов, которые могут мешать последующей переработке (например, сепараторы металлов);
- оптимизация размеров частиц для последующей переработки (например, грохоты, или шредеры);
- разделение биоразлагаемых материалов в нижнем продукте предварительного грохочения с тем, чтобы их можно было направить на процесс биологической обработки (например, грохоты);
- разделение материалов с высокой теплотворной способностью, таких как текстиль, бумага и пластмассы, в верхнем продукте предварительного грохочения с тем, чтобы их можно было направить для производства топлива. Кроме того, разделение этих материалов приемлемо для дальнейшей утилизации материалов (например, воздушная сепарация);
- гомогенизация материалов, предназначенных для биологической обработки.

Помимо этих элементов установка может включать в себя оборудование для утилизации металлов и для извлечения минеральных фракций. Модификаций, относящихся к конструкции установок МВТ много и они меняются. Некоторые установки предназначены для разделения и биологической переработки остаточных отходов от твердых коммунальных отходов перед их депонированием.

<sup>6</sup>Твердый остаток после установок механико-биологической обработки, который часто используется как почвоулучшитель.

**Рисунок 1.2.7 СХМАТИЧЕСКОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ВХОДОВ И ВЫХОДОВ МЕХАНИКО-БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ**

Примечание: коричневые стрелки относятся к остаточным материалам, зеленые – к переработанной продукции



Пояснения к рисунку:

*Magnetic and eddy current separation of ferrous and non-ferrous metals – сепарация черных и цветных металлов с помощью магнитной сепарации и вихревых токов; Over-sized fraction – надрешеточная фракция; High calorific fraction (either with or without densimetric separation) for RDF, incineration, pyrolysis, gasification, etc. - sometimes landfilled – фракция с высокой теплотворной способностью (с денсиметрической сепарацией или без нее) для топлива из отходов, сжигания, пиролиза, газификации и т.д. – иногда полигонное депонирование; Municipal solid waste – муниципальные твердые отходы; Mechanical treatment/Biological treatment – механическая обработка/биологическая обработка; Under-sized-fraction – подрешеточная фракция; Biodegradable fraction for stabilisation through treatment process (then e.g. to landfill) – биоразлагаемая фракция для стабилизации с помощью процесса переработки; Rejects to landfill – отходы на полигон*

69

Существует два типа систем биологической обработки органической фракции отделенной при грохочении: герметичная и размещаемая.

Герметичные системы (контейнер, туннель) обычно работают только под давлением с циркуляцией воздуха. Контроль осуществляется с помощью регулирования таких параметров, как температура и содержание кислорода в циркулирующем воздухе. Тепло отводится из системы с помощью охлаждения циркулирующим воздухом. Конденсат, который образуется, может использоваться для орошения массы отходов или отводиться как сточные воды.

Размещаемые системы (процесс в подвижной куче) работают, как под давлением, так и под разрежением, в некоторых системах поочередно используются два метода аэрации. В размещаемых системах циркулирования воздуха возможны только в ограниченной степени. При работе под разрежением, по крайней мере, возможно повторное использование отработанного воздуха от кучи. Образующееся тепло может отводиться только с помощью испарения воды и отработанного воздуха. В дополнение к специальному контролю аэрации периодическое переворачивание биологически разлагаемого материала имеет решающее значение для успеха биологической переработки.

Она служит целям:

- смешивания материала и обеспечения доступности для микроорганизмов новых поверхностей;
- активации биологического разложения;

- минимизации времени биологического разложения;
- равномерного орошения кучи и компенсации потерь на испарение;
- компенсации потерь объема при биологическом разложении;
- отводу тепла из бурта.

Следовательно, биологический процесс оптимизирован, и существующие мощности биологической обработки используются экономически эффективно. На установках МВТ с квази-динамической биологической переработкой согласно процессу подвижных куч или туннельному процессу, переворачивание обычно осуществляется с недельными интервалами. Для некоторых биологических процессов требуется два цикла переворачивания в течение первых трех недель. После этого периода материал переворачивается раз в 5-7 дней.

Применение. Механико-биологическая обработка является инструментом для предварительной обработки отходов перед полигонным депонированием или для подготовки твердых отходов (обычно муниципальных твердых отходов), используемых в качестве топлива. Хотя популярность компостирования смешанных отходов снижается, в настоящее время оно все еще проводится в Греции, Испании и Португалии, в то время как в Италии, Германии и Австрии оно постепенно или полностью "преобразуется" в МВТ остаточных отходов. Эти типы переработки появляются также в Нидерландах и Бельгии. В настоящее время большой интерес к этой технологии проявляется в Соединенном Королевстве, где строится несколько установок, а правительство Соединенного Королевства финансирует испытания таких новых технологий.

Имеется тенденция к большой производительности этих установок, поскольку на них перерабатываются большие объемы смешанных отходов. Средняя производительность 50-100 тыс. т/год является вполне нормальной, но может быть большая производительность, такая как - 700 тыс. т/год, как имеет одна установка в Милане, и такая маленькая как 7 тыс. т/год.

### ***1.2.2.3. Биологическая обработка, применяемая для загрязненных почв***

Цель. Снижение загрязнения почвы.

Принцип действия. Аэробное и анаэробное разложение загрязняющих веществ в вынужденном грунте.

Потоки поступающего сырья и продуктов. Типы загрязняющих веществ, с которыми приходится иметь дело, это биоразлагаемые загрязняющие вещества, топлива (бензин, керосин, дизельное топливо, топочный мазут, тяжелое топливо), минеральное масло, отработанные масла и тяжелые органические масла. Основным продуктом этого типа обработки является обеззараженный вынужденный грунт.

Описание процесса. Недостаток кислорода является основным ограничивающим фактором биоразложения загрязняющих веществ в почве, и было разработано много различных процессов для оптимизации насыщения почвы кислородом. Различные виды биологической обработки различаются используемыми способами аэрации. Существует два типа процессов: по месту и вне площадки.

Биоразложение по месту. Биоразложение по месту является термином для процессов биологической обработки, которые выполняются в первоначальном месте, где находится загрязненная почва. В этом документе такие процессы не охвачены.

Биоразложение вне площадки. Биоразложение вне площадки является общим термином для процессов переработки, при которых загрязненная почва или осадок извлекается и очищается с помощью биологических процессов. Технология биоремедиации вне площадки, наиболее часто связанная с биоремедиацией в суспензионной фазе, когда создается водная суспензия с помощью смешивания загрязненной почвы или осадка с водой, а затем загрязняющие вещества биологически разлагаются в автономном реакторе или в герметичном отстойнике. Биоразложение вне площадки включает в себя биоремедиацию в твердой фазе, такую как запахивание отходов в почву, компостирование и био-реакторы<sup>7</sup>. В этих процессах извлекается загрязненная почва и добавляются кислород, питательные вещества, вода или микроорганизмы для усиления естественного биоразложения загрязняющих веществ.

Биоремедиация в суспензионной фазе. Имеется две основных цели помимо использования биоремедиации в суспензионной фазе:

- разрушение органических загрязняющих веществ в почве или осадке;
- снижение объема загрязненного материала.

Было продемонстрировано, что биоразложение суспензии является эффективным при обработке высоко загрязненных почв, в которых концентрации топлива или других органических загрязняющих веществ колеблются от 2500 до 250000 мг/кг. Показано также, что процесс суспендирования обладает также возможностью для очистки широкого диапазона загрязняющих веществ, включая пестициды, креозот, пентахлорфенол, ПХБ и другие галогенированные органические соединения.

Перед применением биоразложения суспензии требуется подготовка отходов. Подготовка может включать в себя извлечение и обработку материала отходов, а также отсеивание для удаления мусора и крупных предметов. Могут также потребоваться уменьшение размеров частиц, добавка воды и корректировка pH и температуры для удовлетворения технических условий к обрабатываемому сырью.

Как только биоразложение загрязняющих веществ завершено, обработанная суспензия направляется в систему сепарации/обезвоживания. Может быть использован осветлитель для гравитационного разделения с целью отделения воды от почвы.

Биоремедиация в твердой фазе. Биоремедиация в твердой фазе включает в себя извлечение и подготовку загрязненной почвы для улучшения процесса очистки почвы от загрязняющих веществ. Способами, обычно используемыми для приготовления почвы к биоремедиации, являются отсеивание/сортирование на грохотах, гомогенизация, регулирование питательных веществ и добавка компоста.

<sup>7</sup>Технология биоремедиации, при которой вынутый грунт смешивается с почвоулучшителями и помещается в компостной куче, закрытой для обработки.

Биоремедиация проводится в биореакторах (переворачивание почвы и инжекция воздуха).

Аэробное сбраживание включает в себя хранение биоразлагаемых отходов с наполнителем для повышения пористости материала почвы. Биоремедиация сходна с компостированием в том, что загрязненная почва наваливается в крупные насыпи. Однако для этих процессов обычно подается воздух с помощью продувания через реактор.

### **1.2.3. Физико-химическая переработка отходов**

В этом разделе приведены подробности физико-химической обработки отходов. Такие виды обработки как осаждение, декантирование и центрифугирование, а также термическая обработка, не включенная в BREF сжигания отходов, рассмотрены здесь. Вследствие того, что многие из таких видов обработки являются обычными типовыми процессами, описание некоторых операций будет только кратко упомянуто в этом разделе. Для тех способов, которые нуждаются в дополнительных объяснениях, был подготовлен отдельный подраздел в этом разделе. Способы уменьшения выбросов охвачены в Разделе 2.6. Обычная деятельность, проводимая на этих объектах (например, хранение), охвачена в Разделе 2.1.

Структура этого раздела строится исходя из физических состояний отходов. Обработка жидких и твердых отходов, значительно отличается, и было сделано предположение, что их отдельное рассмотрение может дать хорошую структуру для такого большого раздела. В конце раздела включены также некоторые отдельные виды физико-химической обработки определенных отходов (например, деструкция СОЗ).

#### **1.2.3.1. Физико-химическая обработка сточных вод**

Цель. Установки для физико-химической обработки сточных вод планируются таким образом, чтобы можно было отделить максимальное количество материалов, подвергаемых рециклингу. Основными целями установок физико-химической переработки являются:

- обеспечение защиты окружающей среды, в частности, управление качеством воды на установках для их физико-химической обработки;
- обеспечение правильного размещения отходов, требующих особого контроля;
- сепарация масел или органической фракции для использования в качестве топлива.

Данные установки используются для специального применения физико-химических реакций для конверсии материалов (например, нейтрализация, окисление, восстановление) и для разделения материалов (например, фильтрация, осаждение, дистилляция, ионный обмен).

Принцип действия. В процессе физико-химической обработки загрязненных сточных вод происходит доведение параметров их качества, пригодного для

сброса в канализационные сети или водные объекты. Нормы качества сточных вод устанавливаются национальным законодательством.

Потоки поступающего сырья и продуктов. На установках для физико-химической обработки обычно перерабатываются жидкие отходы или осадки с относительно высоким влагосодержанием (>80% вес.).

Отходами, обрабатываемыми на этих установках, обычно являются:

- эмульсии/смазочно-охлаждающие жидкости;
- кислоты (например, травильные вещества от поверхностной обработки).

Информация в STM BREF);

- щелочные растворы;
- концентраты/соляные растворы, содержащие металлы;
- промывная вода;
- сточные воды, содержащие маслоочистители;
- смеси растворителей;
- осадки;
- сточные воды с высокими концентрациями биоразлагаемых материалов;
- морские отходы.

**Таблица 1.2.6 ВИДЫ ОТХОДОВ, ПРИНИМАЕМЫХ НА УСТАНОВКАХ  
ДЛЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ В СОЕДИНЕННОМ КОРОЛЕВСТВЕ**

Поток отходов	Процент площадок, принимающих каждый тип отходов (%)
Нейтральная водная, содержащая неорганику	69
Кислоты	62
Масла	62
Щелочи	54
Нейтральная водная, содержащая органику	54
Загрязненные контейнеры	23
Цианиды	23
Органические осадки	8
Химикаты, реагирующие с водой	8

Описание процесса. Установки для физико-химической обработки проектируются на индивидуальной основе в зависимости от требований и (или) применения. Каждая установка для физико-химической обработки имеет определенную индивидуальную технологическую и рабочую концепцию обработки отходов. По этой причине не имеется "стандартной" установки для физико-химической обработки. Видами операций на установках для физико-химической переработки являются:

- непрерывная работа: в особенности пригодна для обработки большого количества отходов относительно постоянного состава и автоматизированной работы
- периодическая работа: особенно пригодна установок, обрабатывающих отходы с заметно меняющимися характеристиками.

Таблица 1.2.7 АНАЛИЗ НЕКОТОРЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЬНЫХ ТИПОВ УСТАНОВОК  
ДЛЯ ОБЪЕКТОВ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

	Обработка				
	эмульсий	эмульсий и водомасляных смесей	эмульсий и отходов, которые должны быть обезврежены	жидкостей и сточных вод с некоторыми органическими растворителями	жидкости и сточные воды, содержащие органические растворители и ПАВ
Грохочение					
Осаждение					
Ультрафилтрация					
Нагрев					
Выпаривание					
Кислотный гидролиз					
Органическое расщепление					
Окисление/восстановление					
Ультрафилтрация через полупроницаемую мембрану					
Флокуляция/осаждение					
Осаждение					
Осушение					
Осаждение серы					
Филтрация					
Ионно-обменная установка					
Нейтрализация					

Примечание: *серый цвет*: требуемый процесс; *светло-серый цвет*: факультативный процесс.

Типовыми процессами, обычно используемыми при физико-химической обработке, являются: грохочение, хранение/накопление, нейтрализация, осаждение, осаждение/флокуляция, ионный обмен, окисление/восстановление, сорбция (адсорбция/абсорбция), испарение/дистилляция, ультрафилтрация через полунепроницаемую мембрану, выпаривание, экстракция, филтрация/осушение, кислотный гидролиз эмульсий и органическое расщепление эмульсий.

Часто должно использоваться несколько типовых процессов для правильной обработки определенных отходов. Сочетание процедур типовых процессов (тип процедуры, последовательность их применения, контроль) определяет лаборатория объекта для физико-химической обработки на основе состава отходов и их реакционного поведения.

Среди оборудования применяемого для физико-химических реакции можно отметить:

- емкости для раздельного хранения;
- лабораторные стаканы с регулируемой мешалкой и индикаторами температуры;
- седиментационный контейнер;
- измерительная аппаратура;
- резервуар и емкость для хранения химикатов;
- емкости для хранения и обработки отходов;
- дозирующее оборудование;
- материалы, устойчивые к воздействию кислот и щелочей;
- контроль величины рН для химикатов;
- контейнеры для отстаивания и смешивания вспомогательных реагентов;
- системы измерения и автоматического контроля;
- вентиляция и фильтрация реакционных резервуаров с устройствами для очистки обработанного воздуха.

Применение. От 25 до 30% всех опасных отходов в Германии поступает на установки для физико-химической обработки. Некоторые примеры операций, проводимых с помощью установок для физико-химической обработки:

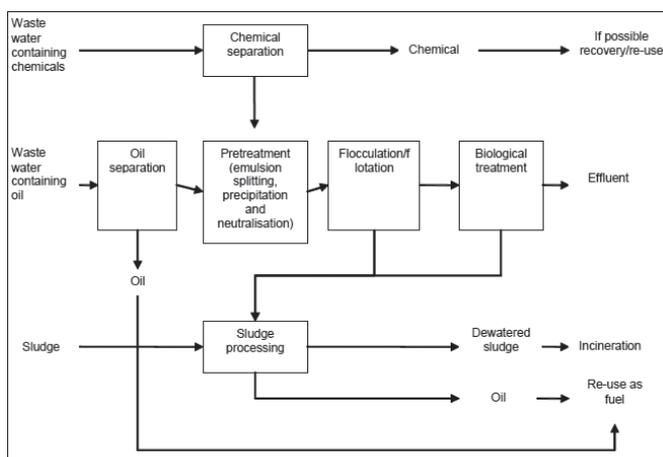
- обработка эмульсий;
- обработка эмульсий и отходов, подлежащих обеззараживанию;
- обработка жидкостей, сточных вод с содержанием органических растворителей;
- обработка эмульсий и водомасляных смесей;
- обработка жидкостей, сточных вод, содержащих растворители и ПАВ;
- обеззараживание (окисление/восстановление) отходов, содержащих нитриты, шестивалентный хром, цианиды (как предварительная обработка).

Обрабатываемые отходы обычно поступают с различных промышленных и коммерческих производственных процессов и от деятельности по обслуживанию, ремонту и очистке. Некоторыми специально обслуживаемыми секторами являются печатное производство и фотография. Имеется пример таких объектов, на которых обеспечивается обслуживание определенного промышленного сектора, с которого удаляется большой круг отходов и транспортируются те отходы, которые нельзя переработать или подвергнуть рециклингу внутри организации.

### Рисунок 1.2.8 ПЕРЕРАБОТКА МОРСКИХ ОТХОДОВ

Пояснения к рисунку:

*Waste water containing chemicals – сточные воды, содержащие химикаты; Chemical separation – химическое разделение; Chemical – химикаты; If possible recovery/re-use – при возможности утилизация/повторное использование; Wastewater containing oil – сточные воды, содержащие масла; Oil separation – сепарация нефти; Pretreatment (emulsionsplitting, precipitation and neutralization) – предварительная обработка (расплавление эмульсии, осаждение и нейтрализация); Flocculation/flotation – флокуляция/флотация; Biological treatment – биологическая очистка; Effluent – сток; Oil – масла; Sludge – осадок; Sludge processing – обработка ила; Dewatered sludge – обезвоженный осадок; Incineration – сжигание; Re-use as fuel – повторное использование в качестве топлива*



### 1.2.3.2. Типовые процессы, используемые при физико-химической обработке сточных вод

Сточные воды можно очищать с использованием большого набора апробированных в промышленном масштабе типовых процессов. Методы очистки делятся на четыре категории:

- разделение фаз (например, осаждение, отгонка паром);
- разделение компонентов (например, ионный обмен, электродиализ);
- химическое преобразование (например, химическое окисление, сжигание);
- биологическое преобразование (например, аэробная обработка с фиксированной пленкой).

В табл. 1.2.8 подытожены типовые процессы, используемые при физико-химической обработке сточных вод. Несколько больше информации по этому вопросу можно найти в BREF по очистке обычных сточных вод и отходящих газов (CWW).

Таблица 1.2.8 ТИПОВЫЕ ПРОЦЕССЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЙ ОЧИСТКЕ

Типовой процесс	Цель	Принцип действия
<b>Процессы разделения</b>		
Разложение эмульсий кислотой	Термин "разложение кислотой" понимается как переработка эмульсий. Цель переработки состоит в разделении эмульсий в сточной воде, масел/жиров и нерастворенных металлов в виде гидроксидного осадка	
Центрифугирование	Обезвоживание осадков солей металлов и их осаждение	Разделение твердой и жидкой фазы с помощью быстрого вращения смеси в емкости. Твердые частицы либо осаждаются на дне (тип – осаждение), либо прилипают к внутренним стенкам емкости

Испарение и дистилляция	Испарение и дистилляция являются похожими процессами с различными целями. При испарении полезные материалы в смеси испаряются с помощью термических воздействий и улавливаются в виде паров и обычно конденсируется. Дистилляция – процесс разделения, который используется для разделения смесей, при котором степень разделения лучше, чем при испарении	Целью испарения/дистилляции является отделение масла в виде надлежащей полезной формы. На установках для физико-химической переработки используется как стадия разделения для того, чтобы отделить испаряемые материалы от сточных вод. В зависимости от ингредиентов сточных вод, испарение можно также использовать как кондиционирование для стадии дальнейшей переработки, такой как ультрафильтрация через полупроницаемую мембрану. Технология испарения имеет большое значение во всех случаях, когда органические растворители разделяются от перерабатываемых стоков
Экстракция		Экстракция используется для отделения определенных компонентов от смеси веществ. Смесь веществ тщательно перемешивается с определенным растворителем. В течение перемешивания компонент из смеси веществ мигрирует в экстракционный реагент. При последующем разделении экстракционного реагента из смеси веществ в конечном итоге разделяются также компоненты смеси
Фильтрация/обезвоживание	Это самый обычный применяемый процесс, например, при очистке питьевой воды, очистке промышленных сточных вод	Включает в себя прохождение смеси жидких и твердых веществ (или газообразных и твердых веществ) через фильтрационный материал для улавливания твердых частиц. Существуют различные типы фильтров, такие как гравийный фильтр, песчаный фильтр и механические фильтры (например, фильтр-прессы для сточных вод, камерные фильтр-прессы, мембранные фильтр-прессы)
Фильтрация/отсеивание	Отсеивание перерабатываемых отходов важно для защиты и безопасности функциональных элементов, таких как насосы, щитовые затворы, клапана	Отсеивание является процедурой классификации/разделения, с помощью которой фильтруемый материал – смесь жидких и твердых веществ (суспензия) – разделяется на две смеси, одну со средним размером частицы меньше, чем поступают на вход, и другую с размером частиц больше, чем поступают на вход
Фильтрация (с помощью мембран)	Разделение веществ/твердых частиц от жидких смесей. Для разделения эмульсий может использоваться ультрафильтрация	При мембранных процессах обрабатываемые жидкости подаются под контролируемым давлением и проходят через полупроницаемую мембрану. Разделительная способность мембраны по существу зависит от эффективности фильтрации, и, таким образом, конечный продукт не изменяется ни биологически, ни химически
Флотация	Используется в нефтеперерабатывающей, мясоперерабатывающей, лакокрасочной, целлюлозно-бумажной и хлебопекарной промышленности	Введение маленьких воздушных пузырьков в раствор, содержащий взвешенные частицы. Частицы пристаю к воздушным пузырькам и всплывают
Ионообменные процессы	Ионный обмен – процесс для очистки жидких отходов с растворенными электрически заряженными частицами (ионами) с помощью ионообменных материалов. Может также использоваться при умягчении воды, так как ионы кальция и магния удаляются из потока жидкости. Некоторые вещества, пригодные для ионообменных устройств, являются жидкими отходами гальванического производства, электролиты для хромовых ванн/хроматирования, ванны для травления фосфорной, соляной и серной кислотой. Группами материалов, непригодными для ионообменных устройств являются: органические соединения, которые могут необратимо блокировать смолы в ионообменнике или удаление которых может быть неполными: сильные окисляющие агенты, которые могут повреждать ионообменные смолы; комплексы металлов с цианидами, ароматические и галогенированные углеводороды, так как они становятся причиной того, что ионообменные смолы вслучиваются со временем, и, таким образом, это может привести к временному отсутствию ионита	Ионообменные смолы обладают способностью обменивать свои устойчивые группы ионов (катионы или анионы) с ионами, содержащимися в воде

Процессы сепарации нефтепродуктов	Осаждение без подогрева по удельному весу слоя с высоким содержанием нефти, т.е. снятие пены и направление на дальнейшую переработку, а водная фаза и осадок перерабатываются на основной установке. На тех же самых установках, т.е. основная часть повседневной деятельности. На других установках это эпизодический периодический процесс, и этот процесс используется только тогда, когда необходимо обеспечить полный спектр услуг для основных заказчиков, но когда компания не работает активно ради переработки таких потоков. На некоторых участках добавляют кислоту к нефти для оказания помощи в процессе разделения (деэмульгирование)	Гравитационное разделение растворимых нефтепродуктов и водонефтяных смесей
Органическое расщепление эмульсий		Используется для нарушения стабильности эмульгирующего реагента, полиэлектролитов и (или) сходных продуктов. Это дает возможность хорошо расщеплять эмульсии по сравнению с кислотным расщеплением
Обратный осмос	Используется для получения питьевой воды из подземных вод со средним содержанием соли и морской воды. Также для утилизации химикатов для гальванического производства от промывной воды после плакирования и сульфатов от сточных вод бумажной промышленности. Используется при очистке фильтратов	Используется механическая сила, например, высокое давление (17-100 атм) для движения растворителя (обычно воды) через мембрану. При этом образуются две фракции, одна, в которой концентрируются растворенные компоненты, и другая, в которой очищается растворитель
Классификация	Сточные воды, содержащие твердые частицы и т.д.	Удаляются крупные частицы из сточных вод. Имеется три типа решетчатых фильтров – вращающиеся барабаны, вибрационные грохоты и неподвижные грохоты
Осаждение	Осаждение используется на установках для физико-химической переработки специально для отстаивания осадка и отделения тяжелых частиц и взвешенных веществ от сточной воды и концентрированного осадка	Силы тяжести вызывают отделение более тяжелой фазы суспензии. Поэтому мера и природа сил определяет тип осаждения: гравитационное осаждение или осаждение центрифугированием
Сорбция (абсорбция и адсорбция)	Если для сточных вод характерны возрастающие и (или) недопустимо высокие значения ТОС, АОХ или ПХБ, органические материалы обычно разделяются с использованием адсорбции	Сорбция представляет собой поглощение вещества (газа, пара, жидкости) другим материалом в результате контакта обоих материалов. Абсорбция предназначена для проникновения газа в твердую или жидкую фазу (абсорбенты) за счет диффузии. Адсорбция описывается как накопление газов или растворимых материалов на поверхности твердого или жидкого материала (адсорбентов) с помощью молекулярных сил. Адсорбция является физическим процессом, и поэтому химические характеристики адсорбируемого материала не изменяются

Отгонка (воздухом или паром)	Отгонка используется для того, чтобы была возможность использования следующих процедур лучше и более эффективно; или в качестве финишной сади для снижения концентрации определенных углеводородов (АОХ). С помощью отгонки можно удалять из водных растворов летучие материалы, например, сульфид водорода (H <sub>2</sub> S), аммиак (NH <sub>3</sub> ), углеводороды, кипящие при низкой температуре и хлорсодержащие углеводороды (АОХ)	Отгонка используется для удаления легко испаряющихся материалов из жидких смесей. Для отгонки используются воздух или водяной пар, с одновременным возрастанием поверхности на границе фаз. Отгонка, таким образом, является процессом разделения, при котором отделяемый материал находится в отработанном воздухе (отгонка воздухом) или в дистилляте (отгонка водяным паром)
<b>Химические процессы*</b>		
Электролиз	Утилизация металлов из растворов (например, серебра из отходов фотографии)	Использование электрической энергии для восстановления металлов в растворе
Нейтрализация	Для нейтрализации сточных вод или для регенерации некоторых компонентов из них с помощью осаждения при определенных pH. В зависимости от компоновки оборудования нейтрализация и осаждение могут проводиться в одном и том же контейнере.	Нейтрализация представляет собой корректировку значений pH до нейтрального уровня, например, pH = 7. Нейтрализация достигается с помощью добавления кислот или щелочей к материалу, который необходимо нейтрализовать, и (или) смешивания с кислотами и щелочами
Окисление/восстановление	Окислительно-восстановительные реакции в сочетании с физико-химической очисткой стоков включают в себя обезвреживание нитрита и цианидов (окисление) и соединений хрома (6) (восстановление).	Окисление и восстановление являются процессами, которые обычно сочетаются. Окисление – это выделение электронов, а восстановление – прием электронов.
Осаждение/флокуляция	Разделение растворенных или взвешенных материалов (например, металлов) с помощью добавки химикатов	Осаждение представляет собой переход растворенного вещества в нерастворенное вещество, обычно с помощью добавки химикатов. Флокуляция представляет собой слипание более или менее мелких частиц (а также растворенных веществ) в более крупные хлопья; они отделяются с помощью осаждения или фильтрации
Мокрое аэробное окисление	Осадок сточных вод	Растворение твердых частиц и окисление при высоком давлении

\* Некоторые из этих видов переработки включают в себя разделение (например, осаждение)

### 1.2.3.3. Физико-химическая обработка твердых отходов и избыточного ила

Основной целью физико-химической обработки твердых отходов и избыточного ила является минимизация долговременного выделения опасных веществ за счет выщелачивания основных тяжелых металлов и соединений с низкой степенью биоразложения.

В принципе, все варианты переработки можно применять к твердым отходам и избыточному илу. Однако характеристики обрабатываемого материала и эффективность технологии обработки могут в значительной степени зависеть от

конкретных свойств первоначальных поступающих отходов и от типа применяемой системы обработки. Варианты обработки можно разделить на следующие группы:

- экстракция и сепарация;
- термическая обработка;
- механическое разделение;
- кондиционирование;
- иммобилизация (отверждение и стабилизация);
- обезвоживание;
- сушка;
- термодесорбция;
- экстракция паром из вынутаго грунта;
- экстракция растворителями из твердых отходов (например, вынутаго грунта);
- извлечение и удаление грунта;
- промывка почвы.

#### **1.2.3.3.1. Экстракция и сепарация**

Цель. Экстракция тяжелых металлов и солей из твердых отходов с использованием кислот.

Принцип действия. Получение растворимых соединений и удаление их водой.

Потоки поступающего сырья и продуктов. Варианты обработки с использованием процессов экстракции могут применяться для различных компонентов, содержащихся в отходах.

Применение. Некоторые способы были предложены, как в Европе, так и в Японии для обработки отходов от систем снижения выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

#### **1.2.3.3.2. Термическая обработка**

Цель. Термическая обработка отходов широко используется в нескольких странах при обработке отходов, образующихся в результате процессов очистки дымовых газов. Она главным образом используется для уменьшения объема и противодействия выщелачиванию.

Принцип действия. При высокотемпературной обработке используется тепло для того, чтобы расплавить отходы и инициировать процессы стеклования и ситаллизации (кристаллизации стекла). Термическую обработку можно разбить на три категории: стеклование, плавление и спекание. Различия между этими процессами относятся главным образом к характеристикам и свойствам конечного материала:

- стеклование является процессом, при котором отходы смешиваются со стеклообразующими материалами, а затем соединяются при высокой температуре в однофазный, аморфный стеклянный продукт. Типичная температура стеклования составляет 1300-1500оС. Механизмами фиксации являются химическое связывание неорганических видов в отходах со стеклообразующими мате-

риалами, такими как диоксид кремния, и капсулирование составляющих с помощью слоя стеклообразного материала;

- плавление сходно со стеклованием, но этот процесс не включает в себя добавку стеклообразного материала, и результатом является многофазный продукт. Часто образуется несколько расплавленных металлических фаз. Возможно разделение отдельных металлических фаз от расплавленного продукта и рециклинг этих металлов, вероятно, после рафинирования. Температуры близки к тем, которые используются при стекловании;

- спекание включает в себя нагрев отходов до уровня, когда происходит связывание частиц и перестройка химических фаз в отходах. Это приводит к более плотному конечному продукту с меньшей пористостью и большей прочностью, чем у исходных отходов. Типичные температуры составляют около 900оС. Температуры для спекания нелетучего остатка от установок для сжигания твердых коммунальных отходов могут достигать до 1200оС.

Потоки поступающего сырья и продуктов. Чаще всего отходы очистки дымовых газов перерабатываются термически в сочетании с нелетучим остатком.

Описание процесса. Независимо от процесса при термической обработке отходов очистки дымовых газов в результате обработки получается более однородный и плотный продукт с улучшенными свойствами к выщелачиванию. Стеклование также является полезным для физического капсулирования загрязняющих веществ в стеклянной матрице.

Термическая переработка отходов очистки дымовых газов является весьма основательной, вследствие чего создаются новый твердый остаток. Кроме того, высокая концентрация солей в отходах очистки дымовых газов может привести к проблемам коррозии в системах очистки дымовых газов.

Применение. Спекание, как правило, используется в комбинации с другими методами обработки.

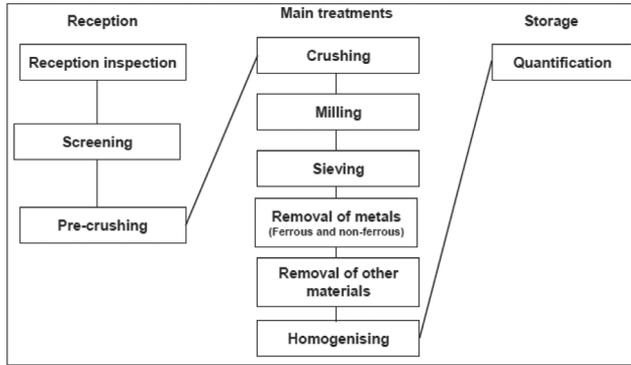
### ***1.2.3.3.3. Механическая сепарация***

Цель. Целью этого вида обработки является образование материала, который является инертным, не оказывает негативного воздействия на водные объекты, и обладает потенциалом для безопасной утилизации, например, в качестве заменителя почвы или в дорожном строительстве. При такой обработке снижается масса отходов для захоронения. Помимо этого, можно повторно использовать чистые сепарированные и собранные фракции черных и цветных металлов. В дополнение к этому, целью может являться снижение количества тяжелых металлов, например мышьяка (солей), выделяемых в окружающую среду.

Принцип действия. В случае термической обработки нелетучего остатка этот остаток разделяется, по крайней мере, на три фракции: минеральные соединения, несгоревший материал и металлический лом. При обработке происходит снижение тяжелых металлов и растворимых соединений, что важно для повторного использования материала после обработки. Водорастворимые компоненты являются наиболее важными ингредиентами нелетучего остатка.

Потоки поступающего сырья и продуктов. Одним из основных продуктов термической обработки отходов является нелетучий остаток. На поступающую одну тонну бытовых отходов образуется приблизительно 250-350 кг нелетучего остатка. Нелетучий остаток обычно состоит из таких компонентов как хлориды, мышьяк, свинец, кадмий, медь, минеральные материалы и металлический лом.

Рисунок 1.2.9 ПРимер некоторых видов механической сепарации, используемых для переработки нелетучего остатка



Пояснения к рисунку:

Reception – прием; Main treatments – основные виды переработки; Storage – хранение; Reception inspection – инспекция приема; Crushing – дробление; Quantification – определение количественных значений; Milling – помол; Screening – просеивание через сито (зролом); Sieving – отсеивание; Pre-crushing – предварительное дробление; Removal of metals (Ferrous and non-ferrous) – удаление металлов (черных и цветных); Removal of other materials – удаление других материалов; Homogenizing – гомогенизация

Применение. Нелетучий остаток и отходы очистки дымовых газов.

#### 1.2.3.3.4. Кондиционирование

Цель состоит в обработке твердых и пастообразных отходов для утилизации на мусоросжигательных установках или для полигонного депонирования.

Принцип действия. Вещества, которые можно только сжигать или депонировать на полигоне, кондиционируются с помощью наполнителей. В зависимости от установок для конечного размещения (например, сжигание или полигон) к отходам добавляют диатомит, древесные опилки или другие подходящие наполнители.

Описание процесса. Отходы с определенным содержанием ресурсов могут поступать на последующую установку для утилизации подлежащих рециклингу веществ. В случае необходимости отходы можно пропускать через одностадийное дробление, например, для того, чтобы раздробить металлическую упаковку, такую как банки для красок, и направлять ее с помощью конвейерной системы на установку для утилизации подвергаемого рециклингу материала.

Отходы, которые поставляются в контейнерах большой емкости, предварительно перерабатываются на установке для повторного дробления. Для пыльных отходов в наличии имеется третий полностью герметичный шредер с дву-

мя валами. Смеситель со свободным падением состоит главным образом из открытого конически-цилиндрического контейнера с объемом 20 м<sup>3</sup>. Этот контейнер заполняется с помощью последнего конвейера системы загрузки. При вращении контейнера образуется гомогенная смесь, а абразивные силы в смесительном барабане способствуют квазисухой очистке металлических и пластиковых компонентов в отходах. Смеситель со свободным падением опорожняется в загрузочное устройство, которое передает кондиционированные отходы либо в погрузчик, либо на дальнейшую переработку на установку для утилизации подвергаемых рециклингу веществ.

Применение. Приготовление отходов, используемых в качестве топлива.

### **1.2.3.3.5. Имобилизация**

Целью иммобилизации является минимальный уровень миграции загрязняющих веществ в окружающую среду и (или) снижение уровня токсичности загрязняющих веществ для того, чтобы изменить или улучшить характеристики отходов так, чтобы их можно было захоранивать. Цель иммобилизации заключается как в снижении токсичности отходов и их мобильности, так и в улучшении технических свойств стабилизированного материала.

Принцип действия. Иммобилизация основана на свойствах реагента образовывать иммобилизованный продукт отходов даже, когда продукты отходов не имеют твердой формы. В этих процессах остаются вещества, адсорбируемые или улавливаемые твердой матрицей. Некоторые из этих процессов являются обратимыми (т.е. иммобилизованные вещества могут выделяться) вследствие, как плохого контроля процесса, так и последующего смешивания с другими типами отходов. Было разработано два типа процессов. На них обычно ссылаются как на стабилизацию и отверждение.

Стабилизация. Это процесс, с помощью которого загрязняющие вещества (например, тяжелые металлы) полностью или частично связываются с помощью добавки наполнителя, связующих или других модификаторов. Стабилизация сопровождается смешиванием отходов с реагентом (в зависимости от типа отходов и планируемой реакции это могут быть, например, глинистые частицы, гуминовые органические вещества, такие как торф; активированный уголь; окислители; восстановители; осаждающие реагенты) для минимизации скорости миграции загрязнения из отходов. В результате снижается токсичность отходов и улучшаются их свойства при депонировании на полигоне. Для достижения этого процесс должен включать в себя физико-химическое взаимодействие между реагентом и отходом, а не просто разбавление.

В этих методах стабилизации используются, как осаждение металлов в новых минералах, так и связывание металлов с минералами с помощью сорбции. Процесс включает в себя некоторый вид растворимости тяжелых металлов в материале и последующее осаждение или сорбцию с новыми минералами.

Физическими механизмами, используемыми в стабилизации, являются: макро-инкапсулирование, абсорбция, осаждение и детоксикация. Имеется в

наличии большой набор сорбентов и связующих для таких целей. Некоторыми чаще всего используемыми являются: цемент, пуццолан (алюмосиликатный материал, который реагирует с известью и водой), известь, растворимые силикаты, органически модифицированные глины или известь, термоотверждающиеся органические полимеры, термопластичные материалы и стеклование (на месте работ или на предприятии).

Отвердевание. Для отвердевания используются добавки для изменения физических свойств отходов (которые определяются их техническими свойствами, такими как прочность, прессуемость и (или) проницаемость). Термин "отвердевание" (и герметизация или связывание) относится к смешиванию отходов с реагентом (измельченная топливная зола; цемент, известь, доменный шлак; пыль цементной печи; органические связующие, такие как битум/асфальт или парафин; и полиэтилен) для образования формы твердых отходов (с низкой пористостью и матрицей с низкой проницаемостью) пригодной для депонирования на полигоне. Конечный продукт должен обладать высокой устойчивостью к процессам химического и биологического разрушения, которые могут привести к выделению загрязняющих веществ.

Например, добавка цемента, обычно снижает гидравлическую проводимость и пористость материала, и в дополнение к этому повышает прочность и объем. Однако при этом обычно возрастает рН и щелочная способность смеси, поэтому, улучшается выщелачивание продукта (например, амфотерных металлов, некоторых органических соединений). В некоторых случаях в зависимости от связующего отвердевание может приводить к химическим изменениям матрицы материала.

Итак, связывание и иммобилизация загрязняющих веществ реализуется с помощью четырех механизмов: осаждения, комплексообразования, герметизации и адсорбции.

Потоки поступающего сырья и продуктов. Эта технология применяется ко многим неорганическим отходам (обычно опасным отходам), находящимся в промышленности, таким как:

пастообразные отходы и суспензии, содержащие неорганические компоненты (тяжелые металлы и т.д.) и небольшое количество нерастворимой органики (полициклические ароматические соединения, отходы топлива и т.д.). Например, сложные жидкие и твердые отходы, загрязненные тяжелыми металлами (Cu, Pb, Cd, Hg, Cr и т.д.);

- твердые и сухие отходы с неорганическими компонентами (в этом случае должна быть добавлена гидратная вода). Например, загрязненная почва и фильтр-кек; отходы с очень малым количеством нерастворимых углеводов; нелетучий остаток и шлак; отходы очистки дымовых газов;

- отвердевание иногда используется для смешивания различных вязких жидкостей, таких как клеи и пасты, с опилками для образования твердого комка, пригодного для полигона. Такая практика не разрешена на полигонах в некоторых странах, таких как Франция, Германия и страны Бенилюкса. В некото-

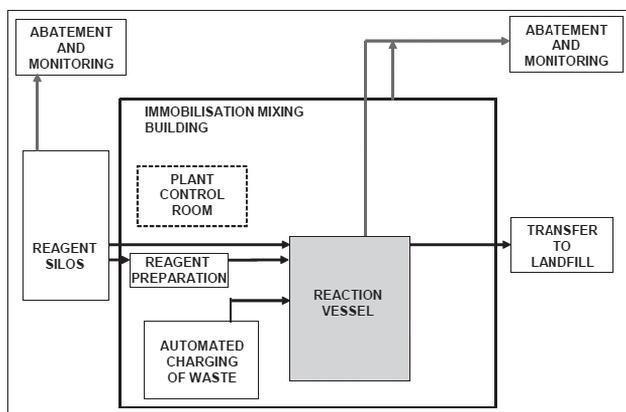
рых случаях такие компоненты смешиваются с цементом и известью или другим подходящим связующим материалом.

Отходы, которые легально не принимаются в соответствии с Полигонной директивой и должны обрабатываться с помощью иммобилизации на установках, расположенных на полигонах, это жидкие отходы, отходы, содержащие токсичные компоненты, летучие соединения, дурно пахнущие соединения или взрывчатые вещества. Ключевые проблемы для иммобилизации включают в себя: пригодность отходов, контроль процесса, образующиеся выбросы и технические условия конечного продукта. В рамках Полигонной директивы (ЕС/33/2003) и приложений к ней технические условия на конечный продукт обработки должны быть согласованы с критериями для приема на полигон, которые разработаны Европейским комитетом технической адаптации и которые должны охватывать выщелачиваемость, физическую стабильность и реакцию с другими отходами. Их перевод в национальное законодательство должен был быть завершен к концу 2005 г.

Полученный продукт отвердевания можно либо депонировать, либо его разрешено отвердевать на участке временного хранения перед депонированием. Конечные стабилизированные/отвержденные отходы обычно депонируются непосредственно или иногда разливаются в блоки (например, размером 1м<sup>3</sup>) перед депонированием.

Описание процесса. На рис. 1.2.10 приведено представление о типичном процессе иммобилизации.

Рисунок 1.2.10 ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССА ИММОБИЛИЗАЦИИ



Пояснения к рисунку:

*Abatement and monitoring* – снижение выбросов загрязняющих веществ и мониторинг; *Immobilisation mixing building* – здание для проведения смешивания для иммобилизации; *Reagentsilos* – бункер для реагентов; *Plantcontrolroom* – центр управления установкой; *Reagent preparation* – приготовление реагентов; *automated charging of waste* – автоматизированная загрузка отходов; *Reaction vessel* – реакционный сосуд; *Transfer to landfill* – отправка на полигон

В нескольких методах стабилизации имеется начальная стадия промывки, когда основная часть растворимых солей и в некоторой степени металлов экстрагируется перед химическим связыванием остающихся металлов. Эти методы завершаются обезвоживанием стабилизированного продукта, который затем должен быть пригоден для депонирования.

Два процесса отвердевания широко используются:

- цементирование (наиболее популярный способ отвердевания), основанное на смешивании отходов с цементом;
- процессы со специальным гидравлическим связывающим, которые являются химическими процессами, предназначенными для развития связей между связующим и отходами.

Другой способ, который также имеет крупномасштабное использование, это, например, схватывание отходов летучей золы водными нейтральными или кислыми растворами для получения гранулированного продукта перед полигонным депонированием.

Применение. Переработка с помощью иммобилизации (как стабилизация, так и отвердевание) применяется:

- для ремедиации участков с опасными отходами;
- для переработки отходов от других процессов переработки (например, зола от термической переработки)
- переработка загрязненной земли, когда приходится иметь дело с большими количествами почвы, в которой имеются загрязняющие вещества.

В нескольких странах ЕС стабилизация/отвердевание вообще не является проблемой вследствие национального законодательства. В этих случаях для многих отходов не требуется любая такая переработка в отношении параметров из приложений Полигонной директивы ЕС или национального законодательства.

Радиоактивные отходы инкапсулируются с использованием цемента/пошлака летучей золы и нелетучего остатка (шлака) более 30 лет. Однако радиоактивные материалы в явной форме исключены из Директивы IPPC.

### **1.2.3.3.6. Обезвоживание**

Цель. Обезвоживание осадка повышает содержание сухого вещества в осадке с образованием "твердых" отходов. Имеется неясность в отношении того, когда необезвоженный осадок переходит в состояние твердых отходов; однако любой осадок, содержащий обычно более 10% сухих веществ, становится затруднительно и дорого перекачивать насосом.

Принцип действия. Обезвоживание при содержании сухих веществ превышающем 10%, вначале потребует определенной формы химического кондиционирования для оказания помощи в отделении связи и скопившейся воды из осадка. Существует большой набор полимерных флокулянтов с высоким молекулярным весом, которые особенно эффективны для получения улучшенных характеристик обезвоживания.

Потоки поступающего сырья и продуктов. При обезвоживании образуется “кек” из осадка, в котором может находиться от 20 до 50% сухих твердых частиц и водная часть отходов. Ожидается, что общие затраты на размещение должны снижаться в случаях, когда для потока таких отходов не требуется дополнительная обработка для удаления загрязняющих веществ или она должна быть минимальной.

Описание процесса. Существует определенное количество процессов обезвоживания осадка, и выбор зависит от природы и количества твердых частиц и требуемой характеристики кека. Например:

- фильтр-прессы (или плиточные фильтр-прессы), которые являются принадлежностью периодических процессов и требуют интенсивной ручной работы. С помощью фильтр-пресса можно получать кек с содержанием до 40% сухих частиц;
- ленточный фильтр-пресс, который является принадлежностью непрерывного процесса с фильтрующей тканью, непрерывно скользящей через ролики, благодаря чему принудительно обезвоживается осадок. С помощью ленточного фильтр-пресса можно получать кек с содержанием до 35% сухих твердых частиц;
- центрифуги, также являющиеся принадлежностью непрерывных процессов, с помощью которых можно получать кек с содержанием до 40% сухих твердых веществ. Вследствие наличия срезающих усилий твердые частицы могут разрушаться;
- барабанные фильтры.

Применение. На большинстве участков применяются фильтр-прессы для осадка от очистных сооружений, водная фракция которого затем проходит через установку для осветления перед сбросом в канализацию. Избыточные твердые частицы возвращаются в отстойник первичной очистки.

### **1.2.3.3.7. Высокотемпературная сушка**

Цели процесса следующие:

- снижение влагосодержания отходов, что делает возможным осуществление рециклинга;
- концентрация компонентов отходов (например, соединений металлов) для значительного повышения теплотворной способности;
- устранение проблем обращения с пастообразными веществами, так как при сушке отходы переходят в состояние гранулированного материала;
- использование избыточного тепла других процессов, например дистилляции.

Принцип действия. Поступающие вещества, которые должны подвергаться сушке, подаются с помощью цепного конвейера во вращающийся трубчатый барабан единичными порциями. Время пребывания поступающих веществ в сушильном устройстве, и, таким образом, степень высушивания гранулированного продукта можно регулировать с помощью гидравлического управления угла

наклона трубы. Энергия, требующаяся для процесса сушки, поступает от тепла продуктов сгорания инсинератора. Воздух, необходимый для охлаждения дымовых газов, охлаждается до 150оС в воздушно-воздушном теплообменнике.

Расход до 30000 м3/ч воздуха для сушки (с температурой максимум 100оС) поступает через бушинг противоточно влажному входному потоку. Тепло используется для испарения влаги. Струя с помощью отсасывания проходит через пылеулавливающий фильтр и подается непосредственно в биофильтр. Таким образом, создается небольшое отрицательное давление в сушильном устройстве, что эффективно предотвращает утечки пыли в окружающую среду. Гранулированный сухой продукт автоматически удаляется с помощью вращения барабана и заполняет большие мешки или другие емкости.

Потоки поступающего сырья и продуктов. Осадки высушиваются и преобразуются в гранулированный материал.

Описание процесса. Сушка состоит из следующих процессов:

- нагрев поступающим воздухом при контроле температуры и разницы давлений;
- гидравлическое регулирование вращающегося трубчатого барабана;
- комплектование цепного конвейера для загрузки;
- пылеулавливающий фильтр с поверхностью фильтрации 300 м2
- рассеяние струи в направлении биофильтра с помощью дымососа;
- измерительная техника (например, пыль, температура, давление, объемный расход и влажность)
- система управления технологическим процессом.

#### ***1.2.3.3.8. Сушильные установки с термической перегонкой***

Цель. Переработка материалов, которые нельзя принимать на установки для сжигания опасных отходов или полигоны для депонирования опасных отходов без сложного предварительного кондиционирования.

Принцип действия. Поступающий материал сначала дробится на установке в инертных условиях и загружается в бункер. Выделяющиеся компоненты топлива поступают в высокотемпературную установку для сжигания или в биофильтр. После этого проводится обработка для того, чтобы провести дистилляцию жидкости от поступающего материала.

Потоки поступающего сырья и продуктов. Перерабатываются твердые/настообразные отходы, в которых содержится значительное количество свободных или связанных жидкостей. Как твердые, так и жидкие продукты, которые покидают эту установку, могут подвергаться рециклингу, сжигаться или депонироваться на полигоне.

Описание процесса. Процесс состоит из двух частей: погрузки материалов и дробления; термической перегонки.

Стадии процесса:

- погрузка материалов и дробление;
- подъемно-наклонная установка для контейнеров;

- инерционная дробилка;
- сборочный конвейер;
- углекислотный огнетушитель и инертная установка;
- сброс твердых частиц с загрузочного контейнера и перемещение на цепной конвейер;
- термическая перегонка;
- реактор и вакуумная заслонка;
- струйный фильтр и циркуляционный вентилятор;
- струйный пароперегреватель;
- конденсатор, холодильники для продуктов, контейнеры для продуктов и фазовый разделитель;
- вакуум-насосная станция;
- распределение пара, инертного газа и охлаждающей воды;
- исчерпывающие меры безопасности;
- система контроля с двумя рабочими местами и одним компьютером для сбора данных.

Контейнеры транспортируются с многоярусной зоны хранения на установку и индивидуально опорожняются в питающий бункер дробилки. После дробления поступающий материал хранится в углекислотной атмосфере на инертном сборочном конвейере. Это происходит до тех пор, пока не будет накоплено количество, необходимое для переработки в смесительном реакторе (максимум  $3\text{ м}^3$ ), и реактор будет готовиться для приема следующей загрузки. Пары отработанного растворителя, выделяющиеся в дробилке, специально отводятся для того, чтобы предотвратить образование взрывчатых смесей в помещении. Отводимый воздух подается в биофильтр, куда поступает также и использованный воздух от вакуумных насосов.

Если смесительный реактор повторно наполняется инертным газом после опорожнения предыдущей загрузки, его можно загружать с помощью сборочного конвейера. После загрузки смесительный реактор и трубопроводная сеть герметизируются с помощью вакуумных насосов до 400 мбар. Затем включается циркуляционный вентилятор. После этого можно продувать азот и создавать струю над пароперегревателем, где он нагревается до  $450^\circ\text{C}$ . Затем он поступает в реактор, где происходит нагрев и сушка поступающего материала. Период нагрева в случае необходимости может поддерживаться с помощью свежего пара из котла. Вакуумный контроль позволяет поддерживать максимальное давление на установке приблизительно на уровне 100 мбар, ниже давления окружающего воздуха.

В конце периода сушки, т.е. когда максимальная температура достигает в реакторе  $180\text{-}200^\circ\text{C}$ , в струйном фильтре или циркуляционном насосе, установка вакуумируется до давления  $< 100$  мбар. Это делается для того, чтобы испарить оставшиеся остатки растворителя и охладить высушенный материал. Для сохранения выбросов высушенных материалов при сбросе охлаждающая вода добавляется непосредственно к высушенному материалу. При этом происходит

немедленное испарение под вакуумом, и, таким образом, сухой продукт охлаждается до температуры сброса 50-60оС. Конденсат утилизируется на встроенной дистилляционной установке непосредственно после фазового разделения или после переработки. Фракции растворителя, которые нельзя подвергнуть рециклингу, можно использовать термически или сжигать на собственной высокотемпературной установке для сжигания.

### **1.2.3.3.9. Термодесорбция**

Цель. Отделение относительно летучих соединений от твердых отходов.

Принцип действия. В процессе термодесорбции удаляются летучие и полuletучие загрязняющие вещества из почв, отложений, суспензий и фильтр-кека. Обычно рабочие температуры находятся в диапазоне от 175 до 370оС, но могут применяться и температуры от 90 до 650оС. Термодесорбция содействует скорее физическому разделению компонентов, чем сжиганию.

Потоки поступающего сырья и продуктов. Почвы, загрязненные не биоразлагаемыми органическими соединениями, почва, загрязненная легким углеводородным топливом, почва, загрязненная опасными отходами, и смола, содержащая асфальт, или сходные отходы относятся к типам отходов, обрабатываемых с помощью термодесорбции. Загрязнение переносится на следующую переработку.

90

Термодесорберы эффективно перерабатывают почвы, осадки и фильтр-кеки и удаляют летучие и полuletучие органические соединения. Некоторые вещества с высокой точкой кипения, такие как ПХБ и диоксины, также можно удалять (при их наличии). Неорганические соединения трудно удалять с помощью этого типа процесса, хотя некоторые относительно летучие металлы, такие как ртуть, могут испаряться. Температура, достигаемая в термодесорберах, обычно не достаточна для окисления металлов.

Описание процесса. После извлечения загрязненной почвы материал просеивается для удаления объектов с диаметром больше 4-8 см. С помощью прямого или косвенного теплообмена испаряются органические соединения, образуются отходящие газы, которые обычно очищаются перед выбросом в воздух. В общем, используется одна из четырех конструкций десорберов: вращающаяся сушилка, битумо-гравийная сушилка, термошнек (термосмесительная машина) и конвейерная печь. Системы переработки включают в себя, как мобильные, так и стационарные типовые процессы, сконструированные специально для переработки почвы, и битумо-гравийные сушилки, которые можно адаптировать к переработке почв. Мобильные системы используются чаще всего вследствие сниженных затрат на транспортирование почвы и того, что они дают возможность заполнения перерабатываемой почвы. Однако имеются также стационарные системы, и они обоснованы для локального обслуживания. Десорбируемые газы можно сжигать.

Применение. Переработка загрязненных почв и смолы, содержащей битум, и подобных отходов.

### **1.2.3.3.10. Паровая экстракция**

Цель. Паровая экстракция может использоваться для обработки твердых отходов, например, загрязненного грунта с летучими углеводородами.

Принцип действия. С использованием паровой экстракции летучие органические составляющие удаляются из загрязненных отходов с помощью создания достаточного поверхностного потока и испарения. Так как загрязняющие пары удаляются, их можно выпускать непосредственно в воздух или контролировать различными способами.

Потоки поступающего сырья и продуктов. Паровая экстракция широко используется для переработки вынутого грунта, загрязненного бензином или хлорированными растворителями (например, ТСЕ).

Проливы или утечки обычно представляют собой многокомпонентные жидкости. Для того, чтобы удаление с помощью этого способа обработки было эффективным, загрязняющие вещества должны иметь давление паров больше 1 мм рт. ст. при  $-7^{\circ}\text{C}$ . Полное удаление загрязняющих веществ с помощью только этого способа невозможно.

Описание процесса. Успех обработки с помощью паровой экстракции зависит от многочисленных факторов, но в первую очередь - природы загрязнения и природы отходов. Склонность органических загрязняющих веществ разделяться в воде или адсорбироваться на частицах почвы также воздействует на эффективность обработки, и, следовательно, растворимость соединений в воде. Представляют интерес константа закона Генри<sup>8</sup> и коэффициент сорбции для твердых отходов. Температура воздействует на каждую из этих переменных, и, следовательно, на скорость диффузии пара и переноса. Повышение температуры является способом, обычно рассматриваемым для улучшения характеристик обработки. Твердые отходы можно нагревать одним из трех способов: 1) введением нагретого воздуха или пара; 2) пропусканием электромагнитной энергии через отходы; 3) теплом, выделяемым в результате химической реакции. Использование нагретого воздуха или пара является наиболее широко используемым подходом.

Типичные системы обработки данным способом включают в себя экстракцию, мониторинг, впуск воздуха, вакуумные насосы, устройства для паровой обработки, сепарацию парожидкостной смеси и устройства для обработки в жидкой фазе.

Применение. Паровая экстракция была успешно использована в течение нескольких лет как комбинированная двухфазная очистка, как подземных вод, так и загрязненной почвы, и она используется все больше. Хотя эта переработка может использоваться для разнообразных типов почв, ее эффективность зависит от способности воздуха протекать через почву.

### **1.2.3.3.11 Экстрагирование растворителем**

Цель. "Экстрагирование растворителем" является намного более эффективным для обработки органических соединений, чем неорганических соединений и ме-

<sup>8</sup>Закон Генри – закон, по которому при постоянной температуре растворимость газа в данной жидкости прямо пропорциональна давлению этого газа над раствором. Закон пригоден лишь для идеальных растворов и невысоких давлений.

таллов. Его можно использовать в сочетании с другими процессами для снижения затрат на ремедиацию.

Принцип действия. Экстрагирование растворителем отличается от промывания почвы тем, что при нем для экстракции загрязняющих веществ используются органические растворители (например, пропан, бутан, диоксид углерода, алифатические амины (например, триэтиламин), а не водные растворы. Подобно промыванию почвы, экстрагирование растворителем это процесс разделения, при котором не разрушаются загрязняющие вещества. Принцип ее работы - загрязняющие вещества имеют большую растворимость в растворителе, чем в почве.

Потоки поступающего сырья и продуктов. Осадочные отложения, осадки и загрязненные почвы, содержащие летучие органические соединения (VOC), отходы бензина, ПХБ и галогенированные растворители можно эффективно обрабатывать с помощью экстрагирования растворителем. Удаление неорганических соединений, таких как кислоты, соли и тяжелые металлы, ограничено, но эти типы соединений обычно не мешают процессу экстракции. Металлы могут подвергаться химическим изменениям до менее токсичной или выщелачиваемой формы, однако, их наличие в потоках обрабатываемых отходов может ограничивать дальнейшие варианты размещения и рециклинга.

Хотя процессы экстрагирования растворителем могут быть более эффективными при очистке почв, загрязненных легкими топливами, они также используются для очистки почв, загрязненных металлами или тяжелыми органическими соединениями.

92

Концентрированные загрязняющие вещества можно анализировать и впоследствии направлять для дальнейшей обработки, рециклинга или повторного использования. После экстрагирования растворителем очень часто все еще может потребоваться обезвоживание, очистка от остаточных органических соединений, дополнительное разделение, стабилизация или некоторые другие виды обработки. Необходимо проводить анализ воды после процесса обезвоживания, твердых фракций и воды после экстрактора, что окажет помощь при выборе наиболее подходящего метода обработки и размещения.

Описание процесса. Процесс экстрагирования растворителем начинается с извлечения загрязненной почвы и подачи ее с помощью грохота для удаления крупных объектов. В некоторых случаях добавляют растворитель или воду для содействия перекачке в экстракционную установку. В экстракторе добавляется растворитель и смешивается с отходами для содействия растворению загрязняющих веществ в растворителе. С помощью лабораторных испытаний можно определить, какой растворитель в должной мере отделяет загрязняющие вещества от почвы. Вообще, растворитель должен иметь более высокое давление паров, чем загрязняющие вещества (т.е. ниже точку кипения) с тем, чтобы при соответствующем изменении давления или температуры растворитель можно было отделить от загрязняющих веществ, сжать и подать для рециклинга в экстрактор.

Применение. Очистка загрязненных почв.

### **1.2.3.3.12. Извлечение грунта и удаление загрязненной почвы**

Цель. Деятельность по выемке грунта может проводиться изолированно, но она обычно проводится совместно с другими процессами переработки на участке, таких как сжигание, термодесорбция, внешняя биологическая очистка и некоторые виды физико-химической обработки.

Принцип действия. Если удаление загрязненной почвы является выбранным средством, извлеченный грунт обычно транспортируется за пределы участка для последующего депонирования на полигоне.

Потоки поступающего сырья и продуктов. Загрязненные почвы и очищенные почвы.

Описание процесса. Используется обычное оборудование для гражданского строительства.

Применение. Выемка грунта и удаление почв, загрязненных топливом.

### **1.2.3.3.13. Промывка почвы**

Цель. Промывка почвы проводится для отделения загрязненных фракций и загрязняющих веществ.

Принцип действия. Промывка почвы является внешним процессом, при котором загрязненная почва извлекается и подвергается процессу, связанному с использованием воды. Он работает на том принципе, что загрязняющие вещества связаны с фракциями определенного размера и эти загрязняющие вещества можно растворить и привести во взвешенное состояние в водном растворе или удалить с помощью отделения глинистых и алевритовых частиц<sup>9</sup> из объема почвы. Иногда используются такие добавки как поверхностно-активные вещества или чистящие средства для повышения эффективности разделения (переработка с использованием добавок может рассматриваться как химическая экстракция). Водный раствор, содержащий загрязняющие вещества, перерабатывается с помощью обычных методов очистки сточных вод.

В процессе водной промывки почвы загрязняющие вещества их почв удаляются двумя способами:

- с помощью растворения или взвешивания их в водном растворе (который обрабатывается далее с помощью обычных методов очистки сточных вод);
- с помощью концентрирования их в небольшом объеме почвы с использованием разделения частиц по размеру на основе данных, что большинство органических и неорганических загрязняющих веществ склонно к связыванию либо химическому, либо физическому с глиной, илом и органическими частицами почвы. Ил и глина скрепляются с песком, а частицы гравия с помощью физических процессов, в основном уплотнения и адгезии.

Процессы промывки, при которых отделяются мелкие (т.е. глинистые и алевритовые) частицы от более грубых (т.е. песка и гравия) частиц почвы, позволяют эффективно разделять и концентрировать загрязняющие вещества в небольшом объеме почвы, который можно потом легче очистить или удалить.

<sup>9</sup>Частицы размером 0,004-0,06 мм.

Потоки поступающего сырья и продуктов. Промывка почвы является эффективной для широкого диапазона органических и неорганических загрязняющих веществ, включая бензин и остатки топлива. Эффективность удаления составляет 90-99% для летучих органических соединений (VOC) и 40-90% для полуволетучих соединений. Соединения с низкой растворимостью в воде, такие как металлы, пестициды или ПХБ, иногда требуют кислот или комплексообразующих агентов для оказания помощи при удалении. Сообщается о некоторых проектах в пилотном масштабе об очистке от радиоактивного загрязнения. Процессы промывки также применимы для загрязненного песка или гравия от отходов строительства и сноса.

В то время как эти процессы отделения могут быть более эффективными при очистке почв, загрязненных легкими топливами, обычно они используются для очистки почв, содержащих металлы или тяжелые органические соединения.

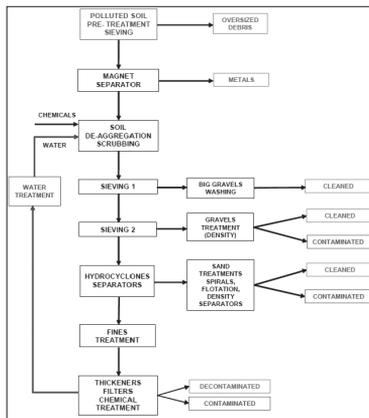
Промывка почвы может быть эффективной для ремедиации почв с небольшим количеством частиц глины и ила, но большие количества частиц глины и ила снижают эффективность промывки почвы.

Описание процесса. Выемка и удаление мусора и крупных объектов предшествуют процессу промывки почвы. Иногда в почву добавляется вода для образования суспензии, которую можно откачивать насосом. После подготовки почвы для промывки ее смешивают со сточными водами, а иногда добавляют экстрагирующие агенты.

После отделения от сточных вод почва промывается чистой водой и может быть возвращена на участок. Взвешенные частицы почвы удаляются за счет сил тяжести из сточных вод как осадок. Иногда используется флокуляция для оказания помощи при удалении осадка. Этот осадок загрязнен больше, чем первоначальная почва и подвергается дополнительной обработке или безопасному размещению. Отработанные сточные воды, из которых удален осадок, очищаются и возвращаются в цикл. Для остаточных твердых частиц от процесса рециклинга может потребоваться дальнейшая переработка.

94

Рисунок 1.2.11 ОБЩАЯ СХЕМА УСТАНОВКИ ДЛЯ ПРОМЫВКИ ПОЧВЫ



**Пояснения к рисунку:**

*Pollutedsoilpre-treatmentsieving* – Предварительная переработка загрязненной почвы с помощью грохочения; *Oversizeddebris* – отходы крупного размера; *Magnetseparator* – магнитный сепаратор; *Metals* – металлы; *Chemicals* – химикаты; *Water* – вода; *Soilde-aggregationscrubbing* – очистка почвы с помощью разрушения агрегатов; *Watertreatment* – очистка воды; *Sieving 1* – грохочение 1; *Biggravelwashing* – промывка крупного гравия; *Cleaned* – очищенный (материал); *Gravelstreatment (density)* – очистка гравия (по плотности); *Contaminated* – загрязненный (материал); *Hydrocyclonesseparators* – гидроциклонные сепараторы; *Sandtreatmentspirals, flotation, densityseparators* – спиральные гидроциклоны для очистки от песка, флотация, разделение по плотности; *Finestreatment* – тонкая обработка; *Thickenersfilterschemicaltreatment* – химическая очистка фильтрами-сгустителями; *Decontaminated* – очищенная от загрязнений (почва)

Обычно при промывке почвы происходит разделение почвы на небольшой объем сильно загрязненных илов и глины и большой объем очищенной крупнокомковатой почвы.

Методы физического разделения являются механическими методами для разделения смесей твердых частиц и получения концентрированной формы некоторых составляющих. Физическое разделение включает в себя грохочение, очистку истиранием или использование гравиметрических сепараторов в жидкой среде, спиральные классификаторы. В дополнение к этому в большинстве случаев в процессах используется вода на основе химических агентов, которая обеспечивает, как рассеивание, так и экстракцию. Химические вещества (диспергаторы, собиратели, вспениватели и т.д.) можно добавлять в некоторых случаях для повышения качества разделения.

Применение. Промывка почвы широко применяется в Нидерландах, Германии и Бельгии вследствие песчаной структуры местных почв. В 2003 г. в эксплуатации находилось восемь установок в Нидерландах, шесть в Германии и шесть в Бельгии. Технология стала больше применяться в Швейцарии и в северной Италии. Большинство установок имеет производительность 30-60 тонн в час. Помимо этого, было выполнено множество проектов ремедиации по месту с использованием мобильных установок, имеющих обычно меньшие производительности (от 10 до 30 тонн в час).

**1.2.3.3.14. Обработка асбеста**

Отходы, загрязненные асбестом, в настоящее время депонируются в странах ЕС на полигонах, однако, появляются новые способы для их переработки перед размещением на полигонах.

**1.2.3.3.15. Обработка нелетучего остатка**

Цель. Повышение качества шлака/нелетучего остатка, что, в свою очередь, может помочь в повышении возможностей использования в качестве строительного материала.

На хороших установках для переработки нелетучего остатка можно производить материал хорошего качества, в основном металлический лом и минеральные фракции. Остатки от переработки составляют 1-5%. Остатки возвращаются на сжигание. В дополнение к этому, снижается количество тяжелых металлов и, например, мышьяка (солей), которые выбрасываются в окружающую среду.

Таким образом, переработка нелетучего остатка снижает массу депонируемых отходов.

Принцип действия. Существует два типа установок для переработки нелетучего остатка: мокрый и сухой.

Потоки поступающего сырья и продуктов. Нелетучий остаток от установок для сжигания отходов и других процессов сжигания.

Описание процесса. Далее следуют основные моменты описания некоторых общих мер для повышения качества шлака, пригодного для повторного использования после его образования (т.е. после сжигания и после процесса сушки). Они включают в себя (в этом перечне нет определенного порядка):

- отделение нелетучего остатка от всех других продуктов сжигания, таких как пыль с фильтров и котельная пыль, с намерением снизить возможности выщелачивания отходов (например, уменьшение выщелачивания тяжелых металлов);
- предотвращение смешивания нелетучего остатка из различных источников;
- удаление некоторых не полностью сгоревших органических материалов. После этого сжигание этих удаленных органических материалов. Обычно применяется, когда отходы от сжигания используются как строительные материалы;
- обезвоживание нелетучего остатка (он обычно сушится при хранении в течение 2-4 недель); этот процесс требует твердого основания (такого как бетонная поверхность) и системы сбора стоков;
- использование предварительного процесса промывки для уменьшения легко растворимой фракции нелетучего остатка;
- сепарация фракции металлического лома из нелетучего остатка;
- классификация и исключение мелкой фракции из нелетучего остатка (мелкая фракция является самой проблемной фракцией для окружающей среды, так как легко выщелачивается). Исключение мелкой фракции из нелетучего остатка приводит к большему объему депонирования, так как для такой фракции нет реальной альтернативы;
- старение нелетучего остатка. Это улучшает консистенцию и снижает негативное выщелачивающее воздействие. Система вентиляции и установленная система циркуляции могут позволить достичь лучшего качества нелетучего остатка;
- анализ элюата и твердых частиц для оценки возможностей утилизации материала.

Процессы старения требуют твердого основания и системы сбора стоков. Общее время старения доходит до 3 месяцев. Конец процесса старения примечателен определенными изменениями температуры. Грохочение, разделение и мокрая подготовка нелетучего остатка – важные шаги для достижения хорошего результата.

Возможно два различных типа анализа нелетучего остатка. При первом методе анализируются имеющиеся подвижные соединения фильтрата фракции

нелетучего остатка. При втором методе полностью анализируются соединения нелетучего остатка (анализ твердых частиц). Обычным является использование обоих методов параллельно для определения воздействий нелетучего остатка на окружающую среду. Однако анализ фильтрата является более важным при оценке возможности утилизации материалов.

Применение. Эти способы рассматриваются некоторыми органами власти как важный шаг для уменьшения использования полигонов. Количество нелетучего остатка от процессов сжигания будет возрастать, так как, вероятно, сжигание отходов в Европе будет возрастать. Для окружающей среды выгода получается не только от уменьшения количества депонируемых отходов, но и от повторного использования фракции металлического лома.

Для мокрого процесса показаны преимущества, связанные с удалением солей хлоридов и конечным выщелачиванием меди, но он не является обязательным для достижения качества нелетучего остатка.

#### **1.2.3.4. Типовые процессы, используемые при физико-химической обработке твердых отходов и осадков**

В этом разделе содержится описание обычных физико-химических способов, используемых в секторе обращения с отходами. Они являются основными обычными типовыми процессами. Эти способы сведены в табл. 2.9, в которой приведены данные о цели, принципе обработки и основных сферах применения.

**Таблица 1.2.9 ОБЫЧНЫЕ ТИПОВЫЕ ПРОЦЕССЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ**

Способ	Цель и принцип действия	Пользователи
Адсорбция	См. табл. 2.8	
Центрифугирование	См. табл. 2.8	Применяется к жидким отходам. Центрифугирование обычно используется вместе с утилизацией органической фазы
Декантирование	Принцип действия связан с различием плотности у разделяемых компонентов	Применяется к жидким отходам (например, разделение двух несмешивающихся жидкостей, утилизация слоев жидкости после разделения взвешенных твердых частиц или биологических/химических хлопьев
Сушка	Термическая сушка и испарение	Применяется к загрязненным почвам, осадкам
Экстракция	См. табл. 2.8	
Фильтрация	См. табл. 2.8	
Флотация	См. табл. 2.8	Флотация используется для жидких отходов, когда осаждение под действием силы тяжести не применимо. Она применяется когда: <ul style="list-style-type: none"> <li>• различие плотности между взвешенными частицами и водой слишком небольшое</li> <li>• имеются пространственные ограничения на участке</li> <li>• в отходах содержится масла или жиры, которые нужно удалить перед переработкой</li> <li>• требуется утилизация осадка</li> </ul>
Утилизация металлов		

Процессы разделения нефтепродуктов	См. табл. 2.8	Разделение растворимых нефтепродуктов и мало-водяных смесей
Окисление	См. табл. 2.8	Химическое окисление отходов хорошо отработанная технология, с помощью которой возможно разрушение широкого диапазона органических молекул, включая хлорированные органические соединения, VOC, меркаптаны, фенолы и неорганические соединения, такие как цианиды. Наиболее часто применяемыми окислительными агентами для переработки опасных отходов являются озон, перекись водорода и хлор. Ультрафиолетовое облучение (УФ) обычно добавляется вместе с озоном и (или) перекисью водорода для ускорения окисления хлорированных углеводородов. Это самая обычная операция обработки на многих установках, но имеется много разных технологий
Газоочистка	Промывка воздухом	
Седиментация (осаждение)	См. табл. 2.8	Применяется для жидких отходов. Осадки, освобожденные от стадии осаждения, обычно составляют около 1% содержания сухих частиц
Отгонка	См. табл. 2.8	Отгонка воздухом является одним из наиболее широко применяемых процессов для разделения сточных вод, загрязненных VOC, таких как растворители. Ее можно использовать для удаления галогенированных углеводородов из разбавленных водных растворов. Растворы с высоким содержанием аммиака также можно подвергать такой предварительной обработке для снижения концентрации аммиака. Отгонка паром используется для удаления летучих и иногда полуплетучих соединений из сточных вод
Обработка при сверхкритических параметрах	Экстракция и (или) окисление загрязняющих веществ в загрязненной воде или отложениях. Жидкости со сверхкритическими параметрами (например, диоксид углерода, вода, аммиак, циклогексан) являются материалами при повышенной температуре и давлении, которые имеют свойства между свойствами газов и жидкостей. При экстракции органические вещества в почвах, отложениях или воде растворяются в жидкости при повышенных температурах и давлениях. При сверхкритическом окислении воды воздух и загрязненная вода объединяются выше критической точки воды и быстро происходит полное окисление органических соединений	Переработка CO <sub>2</sub>
Предварительная обработка химикатов, реагирующих с водой	Они промываются в растворе каустической соды, и в основной установке обрабатывается, как очищенные щелочные растворы, так и растворы для промывки газов	Предварительная обработка таких материалов как тионилхлорид, ацетилхлорид, тетрагидрид кремния с водой для выделения кислых газов

Примечание: охвачены виды термической обработки, которые не включены в BREF для сжигания отходов.

### 1.2.3.5. Физико-химическая обработка других отходов

Физико-химическая обработка отходов, содержащих СОЗ. Идентифицировано три способа для деструкции и необратимой трансформации СОЗ, содержащихся в отходах. Одним является сжигание на земле (неохваченное в этом документе, но охваченное в BREF для сжигания отходов, в котором также охвачены плазменные способы), другим – использование отходов в качестве топлива (например, совместное сжигание в цементных печах не охвачено в этом документе) и последним – физико-химическая обработка отходов. Этот раздел сосредоточен на физико-химической обработке очень специфичных отходов (например, отходов, содержащих ПХБ, диоксины, фураны).

Таблица 1.2.10 НЕКОТОРЫЕ СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВИДЫ ОБРАБОТКИ ДЛЯ ОТХОДОВ, СОДЕРЖАЩИХ РСВ И (ИЛИ) СОЗ

Способ	Принцип действия	Входящий и выходящий потоки	Описание процесса
Дехлорирование щелочными металлами	Реакция щелочного металла с атомами хлора, содержащимися в хлорированных соединениях	Поступающие отходы: масла ПХБ Выходящие отходы: органические соединения (масла, которые можно повторно использовать) и соли	Происходит диспергирование при температуре выше точки плавления натрия, т.е. 980°C. Будучи жидкой, металлическая поверхность может непрерывно обновляться. Таким образом можно достичь достаточной скорости реакции, благодаря чему снижаются затраты на процесс обезвреживания. В процессе следует избегать образования полимера (что происходит в одной или двух идентифицированных технологиях) или необходимо учитывать образование твердого продукта и вводить отдельную операцию для получения чистого повторно используемого масла
Гидрирование СОЗ	Водород реагирует с хлорированными органическими соединениями или не хлорированными органическими веществами, такими как РАН при высоких температурах	Поступающие отходы: трансформаторные жидкости; сыпучие материалы с ПХБ, включая электрические конденсаторы и высококонцентрированные отходы смесей пестицидов, в том числе ДДТ. Выходящие отходы: главным образом метан и хлорид водорода для ПХБ, метан и небольшие количества легких углеводородов для РАН	Типичный процесс, используемый на заводах по рафинированию минеральных масел и проводимый при температурах 850°C и выше. При этом способе приблизительно 40% образующегося метана трансформируется в водород с помощью реакции водяного газа, а остающаяся часть в водород в каталитическом паровом риформинге. Таким образом, процесс может проходить без поставки внешнего водорода. Для высококонцентрированных отходов в процессе образуется избыток метана. В нем используется подача стороннего воздуха для сжигания или окружающего воздуха на участке после первого фильтрации через активированный уголь для процесса сжигания
Процесс сольватированного электрона	Свободные электроны в растворе сольватированного электрона трансформируют загрязняющие вещества в относительно безвредные вещества и соли	Поступающие отходы: галогенированные органические соединения, включая РСВ, диоксины, пестициды, хлорфторуглероды (СFC) и химические боевые отравляющие вещества. Выходящие отходы: очищенные от загрязнений почвы, пригодные для возврата на участок, в качестве дополнительной выгоды обогащение азотом от следовых количеств остаточного аммиака	В способе используются щелочные или щелочноземельные металлы, растворенные в таком растворителе как аммиак, или некоторые амины, либо простые эфиры, для образования раствора, содержащего свободные электроны и катионы металлов. Коэффициент деструкции составляет от 86 до 100%. Хлор и другие галогены селективно отделяются от органических галоидных соединений свободными электронами и захватываются катионами металлов с образованием солей (например, CaCl <sub>2</sub> ). Например, молекула РСВ может трансформироваться до бифенила при протекании быстрой реакции при комнатной температуре

Сверхкритическое окисление воды	Способ с высокой температурой и давлением, в котором используются свойства сверхкритической воды при деструкции CO <sub>2</sub>	Поступающие отходы: отходы, содержащие органические соединения, и токсичные отходы. Выходящие отходы: диоксид углерода; водород с трансформацией в воду, атомы хлора, полученные из хлорированных органических соединений – в ионы хлора; азотные соединения – в нитраты; сера – в сульфаты и фосфор – в фосфаты	Сверхкритические условия
---------------------------------	---	--	--------------------------

Примечание: имеются некоторые другие виды обработки, находящиеся за пределами области действия этого документа, для обработки отходов, загрязненных CO<sub>2</sub>. Они идентифицированы как совместное сжигание в цементных печах, сжигание опасных отходов и плазменная обработка.

Цель состоит в обработке отходов с трансформацией CFC в соляную кислоту и плавиковую кислоту. Пример такой установки приведен на рис. А1.2.12.

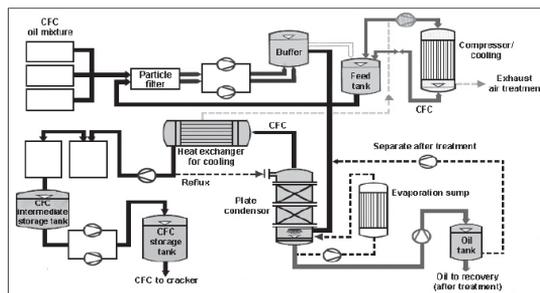
Цель состоит в переработке отходов для отделения ртути. Принцип действия. В процессе вакуумной дистилляции отходы, содержащие ртуть, испаряются в условиях вакуума при температуре от 300 до 650°C. Жидкие компоненты (например, ртуть, вода и масло) подвергаются перегонке из отходов и конденсируются. При конденсации происходит разделение ртути и дистиллята. Металлическая ртуть осушается и, возможно, очищается. Ртуть подвергается рециклингу в качестве вторичного сырья.

Потоки поступающего сырья и продуктов. Осадок, содержащий ртуть, от нефте- и газоперерабатывающей промышленности, батареек, катализаторов, фильтров активированного углерода, термометров, отходов стоматологии, флуоресцентных ламп, дробеструйной обработки и почвы.

Назначение остатка от вакуумных камер зависит от вида обрабатываемых отходов. Он может использоваться как вторичное сырье (например, для батареек) или депонироваться на полигоне (например, в случае осадка, содержащего ртуть).

Процесс показан на рис. 1.2.13.

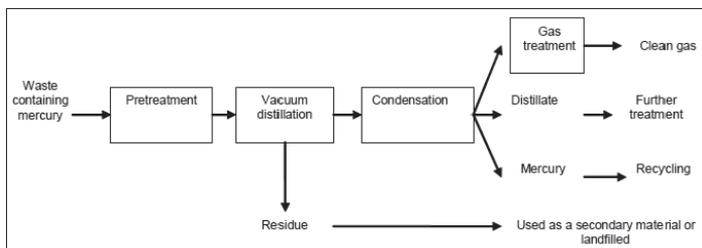
Рисунок 1.2.12 ПЕРЕРАБОТКА CFC С ОБРАЗОВАНИЕМ СОЛЯНОЙ И ПЛАВИКОВОЙ КИСЛОТЫ



Пояснения к рисунку:

CFCoil mixture – смесь CFCs маслами; Particlefilter – фракционный фильтр; Buffer – буферный раствор; Feedtank – расходный резервуар; Compressor/cooling – компрессор/холодильник; Exhaustairtreatment – очистка отходящих газов; Heatexchangerforcooling – теплообменник для охлаждения; Reflux – обратный сток; Platecondenser – пластинчатый конденсатор; Separateaftertreatment – разделение после переработки; Evaporationsump – испарительный сборник; CFC intermediate storage tank – бакпромежуточноехранения CFC; CFC storage tank – бакхранения CFC; CFC to cracker – CFC диссоциатору; Oil tank – масляныйбак; Oil to recovery (after treatment) – маслонутилизацию(после переработки)

Рисунок 1.2.13 ВАКУУМНАЯ ДИСТИЛЛЯЦИЯ ОТХОДОВ, СОДЕРЖАЩИХ РТУТЬ



Пояснения к рисунку:

*Waste containing mercury* – отходы, содержащие ртуть; *Pretreatment* – предварительная обработка; *Vacuum distillation* – вакуумная дистилляция; *Residue* – остаток; *Condensation* – конденсация; *Gas treatment* – очистка газа; *Distillate* – дистиллят; *Mercury* – ртуть; *Further treatment* – дополнительная переработка; *Recycling* – рециклинг; *Used as a secondary material or landfilled* – используется как вторичное сырье или депонируется

#### 1.2.4. Обработка, применяемая главным образом для утилизации материалов из отходов

Этот раздел включает в себя описание тех видов обработки, которые главным образом предназначены для утилизации материалов или части материалов, содержащихся в отходах. Обычно эти процессы в значительной степени зависят от типа обрабатываемых отходов и материалов, которые желательно или необходимо производить. Материалы, произведенные с помощью такой обработки, это материалы, которые можно повторно использовать для той же самой цели (например, смазочные масла) или утилизировать для других не энергетических целей (например, утилизация металлов из катализаторов). Когда материал обрабатывается для последующего использования в качестве топлива, это включено в Раздел 2.5.

Для описания этих видов обработки в этом документе используется термин “Восстановление”. Исключение представляет процесс регенерации отработанных масел, т.к. в этом случае используется термин “регенерация”. Здесь нет попытки дать какой-либо вид определения. Это следует делать только условно для оказания помощи при чтении этого документа.

##### 1.2.4.1. Регенерация отработанных масел

Имеется два основных варианта обработки отработанных масел. Один связан с обработкой отработанных масел для использования их в качестве топлива или других применений (например, поглотитель, присадка, облегчающая выемку изделий из формы, флотационное масло). Сюда следует включать такие виды обработки, как очистка отработанных масел, термический крекинг и газификация (включены в Раздел 2.5.2.4). Другой способ – обработка отработанных масел для получения базового масла, используемого для приготовления смазочных масел. Этот способ обработки именуется в этом документе как “регенерация”. В этом разделе приведены подробности различных способов обработки, которые действительно применялись к отработанным маслам для их очистки и регенерации. Как и во всем документе, эта классификация была принята для

этого документа, и она не имеет цели сделать какую-либо попытку определить коды “R” из законодательства ЕС.

В наше время в Европе существует (или разрабатываются в настоящее время) много процессов обработки. Наиболее значительные перечислены ниже на рис. А1.2.13. На этом рисунке также дан обзор того, каким образом эти виды обработки описаны в этом документе.

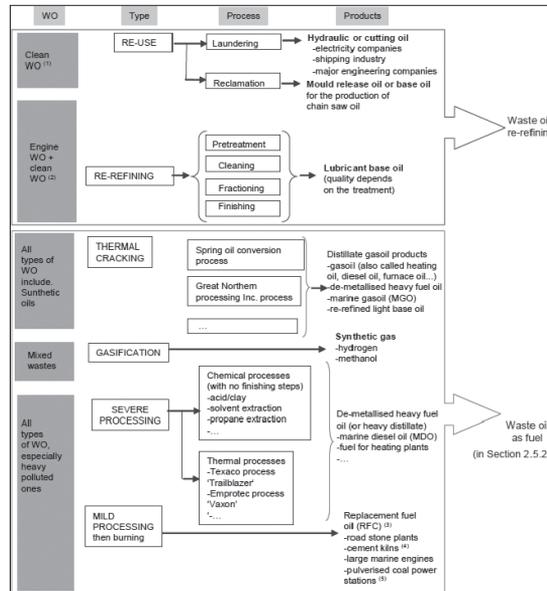
Для повторного использования отработанных масел в качестве смазочного материала требуется их очистка или регенерация. Эти процессы связаны с удалением примесей, дефектов и любых отходов от старого использования. Обычно для такого типа процесса из масел удаляют все примеси и добавки, в результате чего остается только базовое масло. После этого производители смазочных масел добавляют в базовое масло вещества для достижения технических условий первичного продукта.

Основные процессы, используемые на установках для утилизации масел, приведены на рис. 2.14. Это объединение типовых процессов. Не все процессы применяются на любой установке. На практике на большинстве установок используется только несколько из перечисленных процессов.

Виды обработки в режиме регенерации могут значительно различаться в зависимости от технологии, используемой для одной или нескольких из следующих операций: предварительная обработка, очистка, фракционирование и финишная обработка. Каждый из этих процессов кратко описан в следующих разделах.

102

Рисунок 1.2.14 ОБРАБОТКА ОТРАБОТАННЫХ МАСЕЛ И ПОДХОД ДЛЯ ОПИСАНИЯ ПРОЦЕССОВ ИХ ОБРАБОТКИ, ИСПОЛЬЗОВАННЫЙ В ЭТОМ ДОКУМЕНТЕ



Пояснения к рисунку на следующей странице:

WO – отработанные масла; Type – тип; Process – процесс; Products – продукты; CleanWO<sup>(1)</sup> – чистые отработанные масла; RE-USE – повторное использование; Laundering – фильтрация; Reclamation – переработка; Hydraulic-cuttingoil – жидкость для гидравлических систем или смазочно-охлаждающая жидкость; Electricitycompanies – электроэнергетические компании; Shippingindustry – судостроение; -majorengineeringcompanies – основные инженерные компании; EngineWO+ cleanWO<sup>(2)</sup> – отработанное машинное масло + чистое отработанное масло; RE-REFINING – регенерация; Pretreatment – предварительная обработка; Cleaning – очистка; Fractioning – фракционирование; Finishing – финишная обработка; Lubricantbaseoil (qualitydependsonthetreatment) – базовое масло для смазочных масел (качество зависит от вида переработки); Wasteoilre-refining – регенерация отработанных масел; All Types of WO include Syntheticoils – все типы машинных масел, включая синтетические масла; THERMALCRACKING – термический крекинг; Springoilconversionprocess – процесс конверсии смазки пружины; Great Northern processing Inc. process – процесс фирмы Great Northern processing Inc.<sup>(3)</sup>; Distillategasoilproducts – дистиллятные продукты на основе дизельного топлива; Gasoil (alsocalledheatingoil, dieseloil, furnaceoil) – газойль (также называемый топочным мазутом, дизельным топливом, печным топливом); de-metalizedheavyfueloil – тяжелое дизельное топливо, подвергнутое деметаллизации; Marinegasoil (MGO) – корабельное дизельное топливо; -re-refinedlightbaseoil – регенерированное легкое базовое масло; Mixedwastes – смешанные отходы; GASIFICATION – газификация; SEVERE PROCESSING – жесткая переработка; Chemical processes (with no finishing steps) – химические процессы (безфинишных стадий); - acid/clay – глина, активированная кислотой; Solventextraction – экстрагирование растворителем; - propaneextraction – экстрагирование пропаном; Synthesisgas – синтез-газ; hydrogen – водород; methanol – метанол; De-metalized heavy fuel oil (or heavy distillate) – тяжелое дизельное топливо, подвергнутое деметаллизации (илитяжелыйдистиллят); Fuelforheatingplants – топливо для нагревательных установок; Wasteoilasfuel – отработанные масла в качестве топлива; AlltypesofWO, especially-heavyoilusedones – все типы отработанных масел, в особенности сильно загрязненные; MILDPROCESSINGthenburning – умеренная переработка, затем сжигание; Thermalprocesses – термические процессы; -Texaco process – процесс Техасо<sup>(1)</sup>; -"Trailblazer"<sup>(2)</sup>; -Emprotect process "Вахоль"<sup>(3)</sup>; Replacement fuel oil (RFC)<sup>(3)</sup> – заменатопочногомазута; -roadstoneplants – установкидля дорожного щебня; -cementkilns<sup>(4)</sup> – цементные печи; -largemarineengines – мощные корабельные двигатели; -pulverizedcoalpowerstations(5) – электростанции на пылеугольном топливе

<sup>1</sup>Американская фирма, разработавшая процесс термической переработки отработанных масел для получения дистиллятного газойля.

<sup>2</sup>Процесс переработки отработанных масел в корабельное топливо, разработанный фирмой Техасо и внедренный в штате Луизиана (США).

<sup>3</sup>Процесс группы компаний Emprotect (со штаб-квартирой в Швейцарии) для термической переработки различных типов отработанных масел.

Примечания 1) в особенности масло для систем гидравлики и смазочно-охлаждающие жидкости

Примечания 2) машинные масла без хлора + масла для систем гидравлики без хлора + минеральные масла для систем гидравлики + минеральные диатермические масла (в соответствии с классификацией API – Американского нефтяного института)

Примечания 3) переработанное масло, все еще содержащее тяжелые металлы, галогены и серу, находившиеся в первоначальных отработанных маслах

Примечания 4) заменители другого вспомогательного жидкого топлива или тяжелого топлива, или угля либо нефтяного кокса

Примечания 5) как топливо для розжига печи

### 1.2.4.1.1. Предварительная обработка отработанных масел

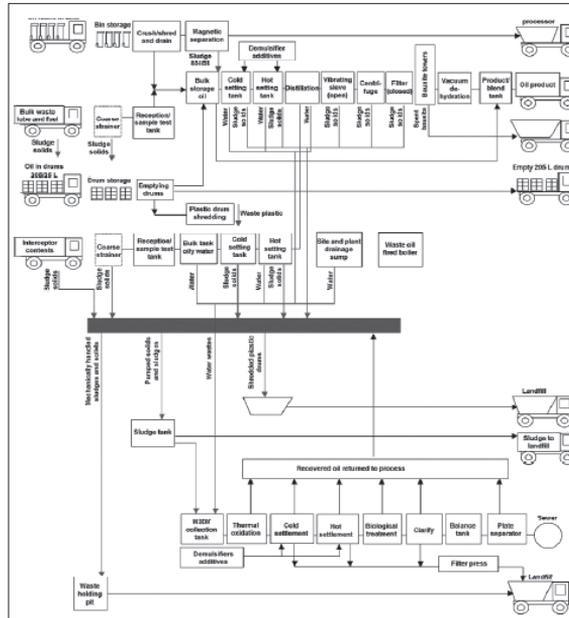
Цель. Обезвоживание (удаление воды), удаление горючего (удаление легких фракций нефтепродуктов и следов топлива, таких как бензиновая фракция) и удаление отложений. Этот процесс предварительной обработки не следует сравнивать с другими системами обработки масел, поскольку при нем не получается конечный продукт и не достигается конечная цель обработки.

#### Рисунок А1.2.15 ОБЩАЯ СХЕМА УСТАНОВКИ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ОТРАБОТАННЫХ МАСЕЛ

Пояснения к рисунку:

Oilfiltersinbins – масляные фильтры в бункерах; Binstorage – бункерное хранение; Crush/shredanddrain – дробление/измельчение и слив; Magneticseparation – магнитный сепаратор; Sludgesolids – твердые вещества осадка; Demulsifieradditives – добавки к демульсатору; Scrapmetaltoutsideprocessor – металлический лом внешнему переработчику; Bulkstorageoil – хранение масел в резервуаре; Coldsettingtank – холодный отстойник; Hotsettingtank – горячий отстойник; Distillation – дистилляция; Vibrating sieve (open) – вибросито (открытое); Centrifuge – центрифуга; Filter (closed) – фильтр (закрытый); Ваughtowers – бокситовые опоры башенного типа; Vacuumdehydration – вакуумная сушка; Product/blendtank – смешательный бак/бак для продуктов; Oilproduct – нефтепродукты; Bulkwastelubeandfuel – резервуар для отработанных смазочных масел и топлив; Sludgesolids – твердые вещества осадка; Coarsestrainer – фильтр грубой очистки; Reception/sample test tank – прием/емкостьдляпроб; Water – вода; Empty 205 Ldrums – порожние бочки емкостью 205 л; Oildrums 250/25 L – масло в бочках емкостью 250/25 л; Drumstorage – хранение

бочек; Emptying drums – порожние бочки; Plastic drum shredding – измельчение пластиковых бочек; Waste plastic – отходы пластика; Interceptor contents – содержимое промежуточного приемника; Bulk tank oily water – сливной бак для нефтесодержащей воды; Site and plant drainagesump – дренажный колодец участка и установки; Waste oil fired boiler – топка котла, работающая на отработанных маслах; Mechanically handled sludges and solids – управленческие отходы твердых фракций; Pumped solids and sludges – перекачивание твердых фракций и осадков; Water wastes – сточные воды; Shredded plastic drums – измельченные пластиковые бочки; Landfill – полигон; Sludge to landfill – осадок на полигон; Sludgetank – емкость для осадка; Recovered oil returned to process – возврат утилизированного масла в технологический процесс; Water collection tank – емкость для сбора воды; Thermal oxidation – термическое окисление; Cold settlement – холодное осаждение; Hot settlement – горячее осаждение; Biological treatment – биологическая очистка; Clarify – осветление; Balancetank – уравнильный бак; Plateseparator – пластинчатый сепаратор; Sewer – канализация; Filterpress – фильтр-пресс; Waste holding pit – грязеотстойник; Примечание: на схеме указаны обычные элементы переработки. Некоторые являются альтернативными и не все бывают в одной установке. Затененная горизонтальная полоса соответствует стокам или осадку, а тонкие линии – сточным водам



Принцип действия. Вода и отложения удаляются из отработанных масел с помощью простой физической/механической обработки. Осаждение используется в некоторых случаях для удаления воды и осадка из отработанных масел и в системах очистки стоков для удаления масла и твердых частиц из стока. Вообще, осаждение происходит с использованием силы тяжести в баках-отстойниках, осветлителях или пластинчатых сепараторах, но могут также использоваться центрифуги или дистилляция.

Потоки поступающего сырья и продуктов. Обычным поступающим сырьем являются собранные отработанные масла. Конечным продуктом являются очищенные отработанные масла. После обработки очищенные масла можно использовать в одном из вариантов, описанных ниже (Разделы 2.4.1.2-2.4.1.4).

Описание процесса. Основными используемыми способами являются осаждение, седиментация, фильтрование и центрифугирование.

Осаждение. Наполняется емкость и остается, пока не произойдет осаждение, снимается верхний слой масла и подобным образом отводится слой воды. В зависимости от того, насколько грязным является поступающее сырье, осадок может оставаться на дне емкости для сбора в течение нескольких циклов осаждения и затем удаляться.

Для улучшения процесса осаждения часто применяют нагрев, служащий снижению вязкости. Во многих случаях остается слой на границе раздела масло/водная эмульсия. Для содействия разделению в этом случае также применяется нагревание или добавляются химикаты. Дальнейший процесс осаждения применяется к "водному" слою.

Седиментация. Фильтрация/сцеживание. Частицы удаляются с помощью сетчатых фильтров, фильтров или сит.

Центрифугирование. Дистилляция. Этим способом можно удалять воду.

Применение. Используется во многих технологиях регенерации отработанных масел (см. табл. 1.2.12).

#### **1.2.4.1.2. Очистка отработанных масел**

Цель. Очистка включает в себя деасфальгизацию и удаление битумных остатков: тяжелых металлов, полимеров, аддитивов, других продуктов разложения.

Принцип действия. Дистилляция и добавка кислот являются наиболее типичными способами для достижения упомянутых результатов.

Потоки поступающего сырья и продуктов. Описание процесса. Кислотная очистка: аддитивы, полимеры, продукты окисления и разложения удаляются за счет контакта с серной кислотой или осаждаются в виде сульфатов (например, металлы). Рассматривается также отбеливание глиной, когда осветленное масло смешивается с глиной с помощью абсорбции для удаления любых полярных и нежелательных соединений, все еще находящихся в масле.

Применение. Используется во многих технологиях регенерации отработанных масел (см. табл. 1.2.12).

#### **1.2.4.1.3 Фракционирование отработанных масел**

Цель. Фракционирование связано с разделением базовых масел за счет использования различных температур кипения, с образованием двух или трех фракций (фракции дистилляции).

Принцип действия. В этом процессе физического разделения используется разница в точках кипения компонентов.

Потоки поступающего сырья и продуктов. Обычно предварительно подготовленные отработанные масла.

Описание процесса. Установки для вакуумной дистилляции могут различаться по сложности от простой разделительной колонки до фракционной дистилляционной колонки, которая используется на нефтеочистительных заводах.

Пользователи. Используется во многих технологиях регенерации отработанных масел (см. табл. 1.2.12).

**1.2.4.1.4. Финишная обработка отработанных масел**

Цель. Финишная обработка различных фракций (фракций дистилляции) проводится для достижения технических условий определенного продукта (например, улучшение цвета, запаха, термической стойкости и стойкости к окислению, вязкости и т.д.). Финишная обработка может также включать в себя удаление РАН в случае жесткой гидроочистки (при высоких температуре и давлении) или экстракции растворителем (при низких температуре и давлении).

**Таблица 1.211 СПОСОБЫ ФИНИШНОЙ ОБРАБОТКИ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ОТРАБОТАННЫХ МАСЕЛ**

Способ	Принцип действия	Потоки сырья и продуктов
Щелочная обработка	Используют КОН или NaOH	Улучшаются цветовые свойства
Отбеливающая земля	Это доочистка, используемая для удаления черного цвета масла (вызываемого разложением углерода из добавок), до состояния которое можно визуальнo сравнить с исходным базовым маслом	Новые цели, установленные при выполнении предстоящих технических условий для моторных масел легковых автомобилей, которые нельзя достигнуть. В частности, цвет производимых масел темнее, чем требуется
Осветление глиной	Это процесс, сходный с отбеливанием глиной, но не используется кислота. Обычно используется бентонитовая глина. Затем глина отделяется от масла с использованием фильтр-пресса	Обычно осветление глиной не дает высококачественных базовых масел, характерных для экстракции растворителями или гидроочистки
Гидроочистка	Хлор и сера удаляются из фракции отработанных масел при высокой температуре в атмосфере водорода и в контакте с катализатором, с преобразованием в HCl и H <sub>2</sub> S. Удаляются также фосфор, свинец и цинк в этом процессе. РАН можно удалить с помощью жесткой гидроочистки (при высокой температуре и водороде с высоким давлением)	Качество дистиллятов очень высокое, а фракции нефти тут же быстро реализуются. Водород необходим для процесса. Образуется сульфид водорода, который можно позднее восстановить до серы
Очистка растворителями	РАН удаляются из базовых масел с помощью экстракции их растворителем (в диапазоне частей на млрд.). Экстракция растворителем также улучшает цвет и индекс вязкости	Сырье, поступающее на экстракцию, должно быть базовым маслом хорошего качества с удаленными тяжелыми металлами и т.д. и уже фракционированным на желательные фракции. Продуктами являются базовое масло высокого качества, регенерированные отработанные растворители и небольшой поток базового масла (около 3% от общего потока базового масла) с высокой концентрацией РАН, которое используется как вторичное топливо

Описание процесса. Процесс гидроочистки можно найти в BREF нефте- и газоперерабатывающие заводы.

Пользователи. Используется во многих технологиях регенерации отработанных масел (см. табл. 2.12).

### 1.2.4.1.5. Технологии, используемые для регенерации отработанных масел

Таблица 1.2.12 ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ РЕГЕНЕРАЦИИ ОТРАБОТАННЫХ МАСЕЛ

Технология	Потоки сырья и продуктов	Описание процесса			
		Предварительная обработка	Очистка	Фракционирование	Финишная обработка
Фильтрация	Трансформаторные масла, промышленные смазочные средства (например, системы гидравлики и смазывающие охлаждающие жидкости). Продукты: чистые промышленные смазочные средства, возвращаемые потребителям	Адсорбция Нагрев Фильтрация Вакуумная сушка			
Восстановление	Промышленные масла (в особенности для гидравлических систем). Продукты: чистые промышленные смазочные средства, возвращаемые потребителям	Центрифугирование и (или) фильтрование			
Переработка с помощью глины	Продукция имеет плохие характеристики в отношении вязкости и летучести. Ее можно использовать только при приготовлении ограниченного типа промышленных смазочных средств	Установка для предварительного испарения. Атмосферная вакуумная очистка	Очистка с помощью глины. За счет контакта с большим количеством адсорбирующей глины		
Обработанная кислотой глина + дистилляция		Атмосферная или вакуумная очистка	Очистка кислотой или глиной. Удаление загрязняющих веществ из отработанных масел с помощью кислотной обработки (обычно серной кислотой) или обработкой глиной	Дистилляция. Очищенное масло затем подвергается дистилляции для утилизации двух или трех фракций плюс дополнительный газойль	Нейтрализация и фильтрация. Фракции смазочных масел вместе с газойлем нейтрализуются гидроксидом кальция и фильтруются
Флокуляция кислотными ПАВ					
Дистилляция/химическая переработка или экстракция растворителем		Вакуумная дистилляция. На 1-й стадии удаляются вода, лигроин и легкая фракция. На 2-й стадии удаляются газойль, веретенное масло или легкое дистиллятное топливо	Вакуумная дистилляция. На 3-й и 4-й стадиях отделяются различные фракции смазочных масел из остатков (в которых сконцентрированы все металлы, аддитивы и продукты разложения)		Химическая переработка проводится в модульном режиме, после чего следует дистилляция/отгонка для коррекции летучести и точки вспышки. В качестве альтернативы можно применить стадию экстракции растворителем для удаления ПАВ

Технология	Потоки сырья и продуктов	Описание процесса			
		Предварительная обработка	Очистка	Фракционирование	Финишная обработка
Дистилляция и экстракция растворителем (процесс Vaxon)			Вакуумная дистилляция		Экстракция растворителем
Экстракция растворителем и дистилляция (процесс Sener-Interline) <sup>1</sup>	Утилизируемое базовое масло имеет хорошее качество	Химическая предварительная обработка	Экстракция пропаном. С помощью жидкого пропана происходит экстракция базовых масел и сбрасываемой воды, асфальта, аддитивов и других нерастворимых соединений	Атмосферная и вакуумная дистилляция. Экстрагируемое масло сначала перегоняется в атмосферной дистилляционной колонке для отделения легких углеводородов и части пропана. Остаточное масло фракционируется в вакуумной дистилляционной колонке для утилизации базовых смазочных масел	
Деасфальтизация пропаном и гидроочистка	С помощью технологии производятся базовые масла хорошего качества и асфальтовые остатки (пригодные в качестве битума)	Предварительное испарение в дистилляционной колонке	Экстракция пропаном. Деасфальтизация пропаном	Атмосферная и вакуумная дистилляция	Гидроочистка с Ni-Mo катализатором
Дистилляция и щелочная обработка (Vacon-C.F.T.-Castor)	Отработанные моторные и промышленные масла, все типы синтетических смазочных средств, за исключением PAG водорастворимых, силиконовых масел и некоторых типов сложных эфиров. Базовые масла и асфальтовые остатки являются основными продуктами. Примеси и отложения остаются в конечных твердых отходах, по природе асфальтовых	Дистилляция. В течение всего процесса предварительная обработка является частью того же самого процесса, так как на первой стадии происходит обезвоживание в результате дистилляции со всеми типами отработанных масел			Щелочная обработка
Пленочный испаритель (TEF) и различные процессы финишной обработки*	Тяжелые металлы, полимеры, аддитивы и другие продукты деградации удаляются как асфальтовые остатки	Предварительное испарение и химическая очистка (1-я степень). Удаляются вода, легкие фракции и следы топлива. Атмосферная или вакуумная очистка + химическая очистка (факкультативная) для минимизации коррозии и загрязнения последующего оборудования	TEF (2-я степень). Проводится при очень высоких температурах и вакууме	Дистилляция (4-я степень). Фракция смазочного масла разделяется на различные фракции масла в вакуумной колонке	Одно из следующих (3-я степень). а) Гидроочистка. б) переработка глиной. в) экстракция растворителем. г) экстракция растворителем + гидроочистка

Технология	Потоки сырья и продуктов	Описание процесса			
		Предварительная обработка	Очистка	Фракционирование	Финишная обработка
Процесс термической деасфальтизации (TDA)		Предварительное испарение. Атмосферная или вакуумная очистка + химическая очистка. Последний способ используется для минимизации коррозии и загрязнения последующего оборудования и для облегчения стадии деасфальтизации	Осаждение + TDA. Деасфальтизация с помощью осаждения. Удаление остатков достигается за счет мгновенного испарения на дне дистилляционной колонки, в которой осуществляется фракционирование различных фракций смазочных масел		а) Глина. б) гидроочистка
Процесс гидрогенизации с прямым контактом (DCH)	Непосредственный контакт отработанных масел с горячим водородом в процессе способствует получению базовых масел хорошего качества (группы II)	Предварительная обработка. Необязательна	Предохранительный обеззольвающий реактор гидрогенизации (1-я ступень). Водород и пары масла направляются в двухстадийный каталитический реактор с неподвижным слоем. В предохранительном реакторе удаляются любые следовые металлические загрязнители, а затем идет крекинг любых соединений серы, азота, галогенов в реакторе конверсии	Фракционирование (3-я ступень). Разделяется фракция смазочного масла на различные масляные фракции в вакуумной перегонной колонке	Гидроочистка (2-я стадия). Сепаратор очистки высокого давления. Каталитический реактор с неподвижным слоем
Обработка каустической содой и отбеливающей глиной (ENTRA)	Отработанное масло и каустическая сода. Образуется базовое масло хорошего качества (группы II) с хорошей производительностью	Предварительное испарение. Обезвоживание, Отходы с добавкой каустической соды (3% от сухого веса отработанных масел) и отбеливающей глины (2% от сухого веса отработанных масел)	Трубчатый реактор. Происходит разрушение нежелательных металлоорганических соединений и соединений серы, азота и галогенов. Современная система контроля температуры и времени пребывания в линейном трубчатом реакторе минимизирует разрушение тех органических молекул, которые являются приемлемыми как компоненты смазочного масла	Фракционирование. Фракция смазочного масла разделяется на различные масляные фракции в линейном трубчатом реакторе	Нейтрализация. Нейтрализация кислотой, обработкой глиной

Технология	Потоки сырья и продуктов	Описание процесса			
		Предварительная обработка	Очистка	Фракционирование	Финишная обработка
Интеграция в производство базового масла на нефтеочистительном заводе	Производимое масло обладает хорошим качеством регенерированного базового масла	а) Предварительное испарение в дистилляционной колонке б) Атмосферная и вакуумная очистка	TEF	Экстрактор ароматических соединений нефтеочистительной установки для удаления ПАУ и других нежелательных соединений	Гидроочистка
Интеграция в нефтеочистительный завод после предварительной обработки	Отработанное масло перерабатывается на нефтеочистительном заводе для того, чтобы была возможность смешивания для получения топлива. Загрязняющие вещества в отработанных маслах обычно исключают их использование в качестве сырья для установки каталитического крекинга или в производстве смазочного масла	Удаляются вода и осадки из отработанных масел с помощью стадии предварительного испарения	После предварительного испарения отработанное масло смешивается непосредственно с обычными атмосферными осадками нефтеочистительного завода		

\* 1-я, 2-я, 3-я и 4-я стадии для последовательности операций, проводимых в процессе. Когда такая нумерация не представлена, последовательность обычно бывает такая: предварительная обработка, очистка, фракционирование и финишная очистка.

#### 1.2.4.2. Восстановление отработанных растворителей

Цель. Как только отработанные растворители попадают к менеджеру по управлению отходами, имеется два основных варианта для их обработки:

- использование отработанных растворителей в качестве топлива (рассмотрено в Разделе 2.5.2.1.)
- "восстановление" отработанных растворителей для повторного использования. В этом разделе приведены подробности различных видов обработки, которые действительно применяются к отработанным растворителям для их очистки и восстановления.

Растворители и органические кислоты можно обработать до такой степени, чтобы их можно было вернуть в производственный цикл в качестве вторичного сырья.

Принцип действия. Очистка достигается с помощью различного типа перегонки, которая относится к основным типам разделения в используемых процессах.

Потоки поступающего сырья и продуктов. Восстановление растворителей является обычной практикой во многих отраслях промышленности и применяется в отношении широкого набора растворителей. Самые распространенные восстанавливаемые растворители представлены в табл. 2.13

Таблица 1.2.13 ОБЫЧНО ВОССТАНАВЛИВАЕМЫЕ ОТРАБОТАННЫЕ РАСТВОРИТЕЛИ

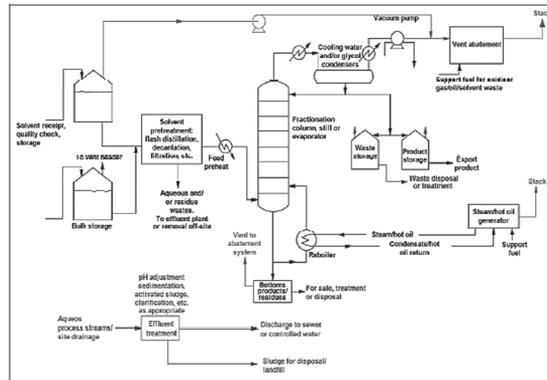
Семейство углеводородов	Химические вещества
Спирты	Этил, изопропил
Алифатические	Гексан, гептан
Ароматические	Бензол, ароматические дистилляты, толуол, ксилол, скипидар
Хлорированные	Трихлорэтилен, перхлорэтилен, метилен хлорид
Сложные эфиры	Этил ацетат, бутил ацетат
Кетоны	Метил этил кетон, метил изобутил кетон
Смеси растворителей	Толуол/ксилол, кетоны, спирты, фенолы, толуол/гептан

Описание процесса. На рис. 1.2.16 и 1.2.17 приведены примеры технологических схем установок по восстановлению отработанных растворителей.

Таблица 1.2.14 ТИПОВЫЕ ПРОЦЕССЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ОТРАБОТАННЫХ РАСТВОРИТЕЛЕЙ

Способ	Цель и принцип действия	Пользователи
Абсорбция	Перенос растворителя из газа в жидкость	
Адсорбция	Утилизация растворителя из воздуха, насыщенного парами растворителя	
Центрифугирование	Удаление взвешенных твердых частиц или разделение двух различных (или нерастворимых) жидких фаз, одной фазой, например, является восстановленный растворитель	
Конденсация	Устранение паров растворителя из газовых потоков	
Декантация	Фазовое разделение вследствие различия плотностей. Разделение жидких растворителей и воды	
Дистилляция	Разделение жидких смесей Пленочный испаритель Ректификация Фракционирование	Дистилляция загрязненных растворителей для частично последующего использования в качестве топлива в котлах является используемым способом (для уменьшения уровней металлов в растворителе), (имеются установки в Бельгии, Италии, Испании)
Испарение	Удаление растворителя в паровой форме из раствора или суспензии	
Фильтрация	Отделение твердых частиц от жидкого растворителя	
Экстракция жидкости жидкостью	Применима к жидким растворителям	
Мембранная сепарация	Утилизация растворителей из потоков жидкости или газа	
Нейтрализация	Применима к жидким растворителям	
Высаливание	Применимо к жидким растворителям	
Седиментация	Применима к жидким растворителям с высоким уровнем содержания твердых частиц	
Хранение	См. Раздел 2.1.4	
Выпаривание	Перенос растворителя из потока жидкости в газовый поток	

Рисунок 1.2.16 ПРИМЕР УСТАНОВКИ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ОТРАБОТАННЫХ РАСТВОРИТЕЛЕЙ

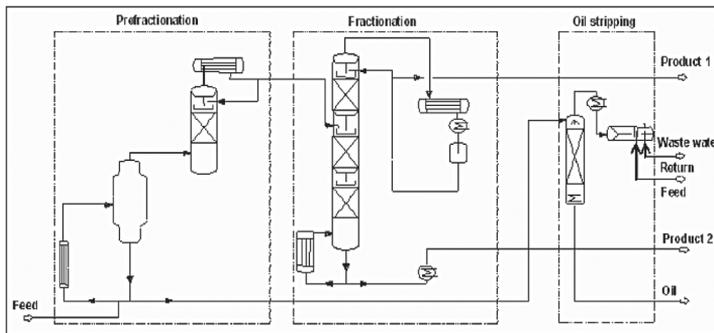


Пояснения к рисунку:

*Solvent receipt, quality check, storage* – прием растворителя, проверка качества, хранение; *Toventheader* – газоотводящей трубе; *Bulkstorage* – хранение навалом; *Solventpretreatment: flashdistillation, filtration, etc.* – предварительная обработка растворителя: мгновенная дистилляция, фильтрация и т.д.; *Coolingwaterand/ orglycolcondensers* – охлаждающая вода и (или) конденсатор гликоля; *Ventabatement* – снижение выбросов; *Stack* – дымовая труба; *Supportfuelforoxidizergas/oil/solventwaste* – вспомогательное топливо для аппарата для окисления отработанных газов/масел/растворителей; *Feedpreheat* – предварительный нагрев сырья; *Fractionationcolumn, stillorevaporator* – ректификационная колонна, выпарной аппарат или испаритель; *Wastestorage* – хранение отходов; *Productstorage* – хранение продуктов; *Wastedisposalortreatment* – размещение или переработка отходов; *Export-product* – вывоз продуктов; *Aqueous and/ or residue wastes. Toeffluentplant or removal off-site* – сточные воды и (или) остаточные отходы. К установке для очистки стоков или на участок удаления; *Venttoabatement system* – газы к системе подавления выбросов; *Reboiler* – газодегидратационный котел; *Steam/hotoil – nap/горячее масло; Condensate/hotoilreturn* – конденсат/возврат горячего масла; *Steam/hotoilgenerator* – парогенератор/генератор на горячем масле; *Supportfuel* – вспомогательное топливо; *Bottomsproducts/residues* – кубовые остатки/остатки; *Forsale, treatmentordisposal* – для продажи, переработки или удаления; *Aqueousprocessstreams/sitedrainage* – водные потоки процесса/ дренаж на участке; *pH adjustment, sedimentation, activated sludge, clarification, etc. as appropriate* – корректировка pH, седиментация, активный ил, осветление и т.д. в зависимости от ситуации ; *Effluent treatment* – очистка стока; *Discharge to sewer or controlled water* – сброс в канализацию или контролируемый водный объект; *Sludgefordisposal/landfill* – осадок для размещения/полигона

112

Рисунок 1.2.17 ПРИМЕР СХЕМЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ХЛОРИРОВАННОГО РАСТВОРИТЕЛЯ



Пояснения к рисунку:

*Prefractionation* – стадия до фракционирования; *Fractionation* – фракционирование; *Oil stripping* – отпарка нефти; *Product* – продукт; *Wastewater* – сточные воды; *Return* – возврат; *Feed* – сырье; *Oil* – масло

Применение. Восстановление растворителей проводится в химической, фармацевтической и лакокрасочной промышленности. Пять установок в настоящее время имеется в Нидерландах. Пример описан ниже.

Производительность выпаривания зависит от удельной скрытой теплоты испарения дистиллированных растворителей и доходит до 1,3 т/ч. При использовании сепаратора возврата флегмы можно еще больше повысить разделение; однако затем пропускная способность уменьшается. Многофазные дистилляты охлаждаются, а затем разделяются на более тяжелые и легкие фазы, которые затем собирают в разные контейнеры. Дистилляция может происходить, как при давлении окружающей среды, так и под вакуумом. Помимо этого, на установке могут проводиться и другие процессы, такие как азеотропная сушка растворителем или азеотропная этерификация. Сверх того, можно обрабатывать органические кислоты в специальных полых керамических шариках.

Поступающий материал, содержащий растворители, откачивается в дистилляционные контейнеры. Эти контейнеры нагреваются косвенно с помощью свежего пара с максимальным давлением 6 бар и с температурой приблизительно 158оС. Для тяжело загрязненных растворителей в наличии имеются дистилляционные полые стальные шарики, которые оснащены мешалками для гомогенизации содержимого. Смеси отработанных растворителей, содержащие только небольшие количества остатков, или вещества, вызывающие сильную коррозию, можно подвергать дистилляции с использованием шариков, покрытых эмалью. Получающиеся струи проходят через насадочную колонну и конденсируются в трубах подвешенного охладителя.

#### ***1.2.4.3. Восстановление отработанных катализаторов и утилизация отходов, образующихся при очистке дымовых газов***

Как упоминалось в области действия, этот раздел охватывает восстановление отработанных катализаторов и утилизацию компонентов от технологий подавления выбросов. Существуют альтернативные способы восстановления отработанных катализаторов, такие как утилизация металлов катализаторов (некоторые виды переработки для утилизации благородных металлов уже охвачены в BREF для цветных металлов), восстановление катализаторов (охвачено в этом документе) и обработка отработанных катализаторов как сырья для других процессов, которые не охватывает этот документ (например, обработка отработанных катализаторов на алюмооксидном носителе в цементной промышленности, которая рассмотрена в BREF для цемента и извести). В этот документ включены только внешние установки для восстановления. Восстановление по месту обычно является частью производственного процесса, в котором используется катализатор; поэтому оно не охвачено в этом документе.

Этот раздел предназначен также для представления информации об утилизации отходов, образующихся при очистке дымовых газов

Цель. Отработанные катализаторы и отходы, образующиеся при очистке ды-

мовых газов, обычно удаляются. Однако большинство катализаторов, применяемых в системах очистки выбросов (например, выбросов оксидов азота), восстанавливается.

**Принцип действия.** Восстановление катализаторов, содержащих драгоценные металлы, заключается в удалении отложений кокса, что может позволить успешно восстановить характеристики активности, селективности и стабильности исходного свежего катализатора. Отложения кокса удаляются с помощью регулируемого сгорания.

**Потоки поступающего сырья и продуктов.** Катализаторы из нефтеперерабатывающей промышленности, например такие, которые используются в гидроочистке, гидрокрекинге, риформинге и изомеризации, обычно восстанавливаются. Восстанавливаются также катализаторы из благородных металлов. Металлы, которые обычно представляют экономический интерес для утилизации, это родий, кадмий, платина, иридий, никель Ренея и некоторые катализаторы для нефти Ni-Co, Co-Mo, Co.

**Описание процесса.** Термическое восстановление за пределами участка выполняется на специально сконструированном оборудовании, а также на стандартном оборудовании, например, в печи для обжига с подвижным подом или во вращающейся обжиговой печи.

Восстановление катализаторов из драгоценных металлов для удаления отложений кокса может позволить успешно восстановить характеристики активности, селективности и стабильности исходного катализатора. Отложения кокса удаляются с помощью регулируемого сгорания.

После сжигания кокса катализатор, содержащий платину, можно восстановить например с помощью обработки хлором при повышенной температуре. Хлорная обработка вызывает повторное диспергирование платины путем преобразования ее в летучий хлорид платины, который затем транспортируется через газовую фазу и отлагается на пористых стенках, где он обрабатывается водородом и восстанавливается. Результатом является возрастающая дисперсия платины и восстановленный катализатор.

Обычными типовыми устройствами, используемыми в этом секторе, являются сушилки, печи, оборудование для выщелачивания и экстракция растворителем. Некоторые устройства, используются для регулирования выбросов в воздух у конца трубы. К ним относятся - системы удаления пыли (например, электрофильтры, циклоны, рукавные фильтры, керамические фильтры, скрубберы, факелы для сжигания), системы мокрой очистки газа (например, скрубберы, системы улавливания диоксинов, системы подавления летучих органических соединений) и системы очистки сточных вод.

**Применение.** Имеется обладающий высокой точностью процесс во Франции (Eugocat), который применяется для рециклинга одного специального семейства катализаторов (гидроочистка), применяемых главным образом на нефтеперерабатывающих заводах. Имеется только одна установка для обжига с подвижным подом в ЕС, которая размещена в Люксембурге с 1979 г.

#### **1.2.4.4. Восстановление активированного угля**

Цель. Обработка отработанного активированного угля для получения материала со свойствами и качеством, очень сходными с исходным активированным углем.

Принцип действия. Термические виды обработки являются основными процессами, используемыми для восстановления. В течение процесса проводятся сушка, термодесорбция и тепловая обработка.

Потоки поступающего сырья и отходов. Активированный уголь имеется в продаже в трех формах: экструдированный, гранулированный и порошкообразный. Так как порошкообразный уголь чрезвычайно трудно регенерировать, эта деятельность не проводится на порошкообразном материале. Поэтому в данном разделе рассмотрены только первые две формы.

Описание процесса. Регенерация обычно проводится термически, и обычно она включает в себя следующие операции:

Прием, обращение и обезвоживание. Отработанный активированный уголь обычно получают на в виде осушенного твердого материала в цистерне. На участке регенерации добавляется вода для того, чтобы превратить уголь в суспензию, которая направляется в бак, где происходит обезвоживание, а затем он подается в печь для регенерации.

Термическая регенерация. После отделения от воды влажный уголь направляется в печь для регенерации. При термической регенерации проводятся сушка, термодесорбция (т.е. удаление органических химических веществ) и высокотемпературная (от 650 до 1000°C) тепловая обработка в слегка окислительной контролируемой атмосфере. Типами оборудования, обычно используемыми, являются многоподовые печи, вращающиеся печи прямого нагрева. Могут также применяться печи с кипящим слоем и печи с инфракрасным нагревом.

Очистка дымовых газов. Применение. Наиболее обычным термическая регенерация активированного угля используется на установках, где происходит регенерация угля промышленного сорта или угля для питьевой воды/продуктов питания пищевого сорта. Другие методы, такие как паровая регенерация, как правило, применяются в специальных областях, и обычно они проводятся на месте образования отхода.

Многоподовые печи широко используются во всем мире. В сочетании с многоподовыми печами одним из наиболее распространенных типов используемых печей являются вращающиеся печи (прямого или косвенного нагрева). Печи с кипящим слоем используются главным образом в Европе для регенерации угля, применяемого для очистки питьевой воды, а также в Северной Америке для сточных вод и обесцвечивания.

Имеются другие виды обработки. Например, паровая, химическая и биологическая регенерация. Однако они используются только для регенерации по месту, а не на отдельных объектах. Паровая регенерация является неразрушающим способом, и она используется главным образом там, где в отработанном угле содержится много летучих соединений. Образующиеся пары летучих орга-

нических соединений конденсируются. Химическая регенерация является неразрушающим способом, в котором используются различные газообразные или жидкие десорбенты.

#### **1.2.4.5. Восстановление смол**

Цель. Восстановление ионообменных смол для их повторного использования.

Принцип действия. Термическая регенерация может сопровождаться использованием горячей воды или пара. Потоки поступающего сырья и отходов

Сырьем являются отработанные смолы, а выходным продуктом процесса являются восстановленные смолы. Силы притяжения, которые имеют место при адсорбции смолы, обычно бывают более слабыми, чем силы адсорбции гранулированного активированного угля. Вследствие этого регенерация смол может быть проведена простыми, неразрушающими методами, такими как смыв растворителей, и раствор может быть утилизирован. Термическая регенерация адсорбентов смолы обычно невозможна вследствие их температурной чувствительности, хотя в последние годы в наличии появляются некоторые новые продукты, которые можно регенерировать с помощью горячей воды.

Описание процесса. Паровая регенерация возможна только, если температурные пределы смол находятся в тех пределах, которые характерны для давления пара. Например, полимерные адсорбенты на основе стирола обычно стабильны до 200оС, в то время как смолы на акриловой основе стабильны только до 150оС. Адсорбированный растворитель и другие органические составляющие могут привести к тому, что матрица смолы будет вспучиваться и слабеть. Поэтому важно, чтобы удаление этих составляющих с помощью обработки паром не приводило к распаду и разрушению матрицы смолы.

Регенерация горячей водой. Применение. Этот способ не имеет широкого применения, но он может применяться для обессоливания слабоминерализованной воды в качестве процесса очистки для водопотребления. Его не следует использовать для применений деионизированной воды.

#### **1.2.4.6. Восстановление отработанных кислот и оснований**

Регенерации подвергают только серную и соляную кислоту.

##### **1.2.4.6.1 Восстановление отработанной серной кислоты**

существует два альтернативных метода для восстановления отработанной серной кислоты. Один состоит в термическом разложении отработанной серной кислоты с получением SO<sub>2</sub>, что достигается в печи при температуре около 1000оС. Образующийся SO<sub>2</sub> затем используется в качестве сырья при производстве H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Оба процесса (термическое разложение и конверсия SO<sub>2</sub> в H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) отражены в LVIC-AAF BREF [62, EIPPCB, 2003]. Имеются некоторые промышленные процессы, в которых используется серная кислота (например, производство диоксида титана). В таких случаях рециклинг отработанной серной кислоты является составной частью процесса, и он должен быть отражен в

BREF, где этот промышленный процесс охвачен. Второй альтернативный процесс для восстановления отработанной серной кислоты основан на реконцентрации разбавленной/отработанной серной кислоты с отделением (или без отделения) потенциальных примесей (например, солей). Он также включен в документ BREF.

Цель. Повторное использование отработанной серной кислоты для той же самой цели, для которой она использовалась вначале, или для нового применения.

Принцип действия. Реконцентрация разбавленной серной кислоты с помощью испарения.

Потоки поступающего сырья и отходов. Отработанная/разбавленная серная кислота концентрируется до более концентрированного раствора кислоты.

Описание процесса. Концентрации, близкие к 70% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> были достигнуты в процессе испарения воды при отсутствии слишком большого количества H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> в паровой фазе. Диапазон температур изменяется в зависимости от процесса. Имеется много процессов, но самый обычный основан на испарителях с принудительной циркуляцией, которые обеспечивают очень стабильную работу; вследствие интенсивной циркуляции любые твердые частицы в кислоте остаются во взвешенном состоянии. В случае необходимости можно провести разделение в концентрированной кислоте.

Вследствие того, что затраты на процесс сильно зависят от потребления энергии, (пар среднего давления), многоступенчатый испаритель может очень заметно снизить эксплуатационные затраты; работа под вакуумом позволяет использовать более низкие рабочие температуры и применять более стандартные материалы для создания оборудования.

В другом процессе для разбавленного раствора кислоты используют горячие газы (от серной кислоты или любого другого процесса). За счет контакта горячих газов и разбавленного раствора кислоты вода испаряется в сторону насыщения воды; процесс происходит при атмосферном давлении, но вследствие относительно высокого объема газа возможен некоторый унос кислоты, который предотвращается с помощью каплеуловителя или другого подобного устройства.

Погружной процесс сжигания связан с образованием дымовых газов при очень высокой температуре (выше 1500°C); дымовые газы проходят через отработанную кислоту, что дает возможность воде испаряться. После чего она подвергается адиабатическому охлаждению до 150-250°C; перед сбросом в воздух газы должны охладиться и очиститься; в общем, не ожидаются высокие выбросы SO<sub>2</sub>, но важными должны быть уровни оксидов азота.

Другие процессы, такие как Chemico, используются в течение 70 лет для концентрации серной кислоты; принцип тот же самый за исключением того, что сжигание не происходит в емкости и температура значительно ниже (в диапазоне 600°C).

Пользователи. Металлообрабатывающая промышленность.

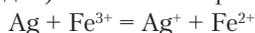
#### **1.2.4.6.2. Восстановление отработанной соляной кислоты**

Наиболее часто HCl образуется как побочный продукт процессов хлорирования. Обычно HCl образуется в газообразной фазе и непосредственно повторно используется в химическом процессе. HCl можно также растворить в воде и использовать в качестве сырья для производства других химикатов, таких как продукты для очистки воды (например, FeCl<sub>3</sub>), при электролизе или в качестве агента нейтрализации. HCl можно использовать в таких применениях как травление металлов или регенерация ионообменного материала.

#### **1.2.4.7. Переработка твердых фотографических отходов**

Цель. Разделение потоков на два основных потока: один, содержащий определенные ценные компоненты (например, серебро), и другой, используемый в качестве топлива.

Принцип действия. Серебро, содержащееся в фиксаторе, выделяется с помощью электролиза (см. Раздел 2.4.8 по переработке жидких фотографических отходов). Химическая реакция растворения серебра в пленке следующая:



Потоки поступающего сырья и продуктов. Серебро и энергия.

Описание процесса. Отходы пленки разрезают на маленькие куски с помощью шредера. Полоски промываются жидкостью для выделения серебра и промывают водой. Возможными агентами для выделения серебра являются отбеливающе-фиксирующий раствор для выделения серебра (содержащий железо) или хлорид железа. Когда используется хлорид железа, отделяется хлорид серебра, а затем снова растворяется с помощью фиксатора. Пластиковые полоски высушиваются, после чего их можно сжигать с утилизацией энергии или использовать как вспомогательное топливо в цементной печи.

Пользователи. Фотографическая отрасль.

#### **1.2.4.8. Переработка жидких фотографических отходов**

Цель. Разделение потока отходов на ценные компоненты (например, серебро).

Принцип действия. Жидкость для выделения серебра и отходы фотографического процесса с низким содержанием серебра, такие как проявитель, перерабатываются с помощью осаждения сульфида и мембранной фильтрации. За счет добавки раствора сульфида натрия осаждаются ионы серебра и других металлов. За счет отжатия раствора между мембранами фильтруются твердые частицы. Фильтрат от мембранной фильтрации подвергается дальнейшей переработке. Серебро, содержащееся в осадке, утилизируется с помощью пирометаллургической обработки и рафинирования. Эти виды переработки описаны в BREF для цветной металлургии. Жидкие отходы фотографического процесса с низким содержанием серебра перерабатываются с помощью химического травления. Путем добавки гидрохлорида натрия осаждается металлическое серебро. Серебро утилизируется из осадка, в котором оно содержится. Жидкость, из которой выделено серебро, подвергается дальнейшей очистке.

Потоки поступающего сырья и продуктов. Серебро.

Описание процесса. Переработка с выделением серебра жидких фотографических отходов с высоким содержанием серебра состоит из следующих серебро удаляется из отходов фотографического процесса с высоким содержанием серебра ( $>100$  мг/л) с помощью электролиза. После очистки серебро повторно используется;

- для концентрации серебра от 5 до 100 мг/л применяется его выделение с помощью электрокоагуляции или осаждения сульфидов, либо ультрафильтрацией через полупроницаемую мембрану. Образующийся осадок направляется для сжигания;

- удаление цвета сточных вод перед дальнейшей переработкой, испарение в вакуумном испарителе вследствие наличия токсичных и трудно разлагаемых органических соединений;

- обработка в фильтре с активированным углем, когда уголь абсорбирует крупные органические и содержащие металлы комплексы. Когда уголь насыщается, он регенерируется и используется повторно;

- очистка с помощью флокуляции и флотации;

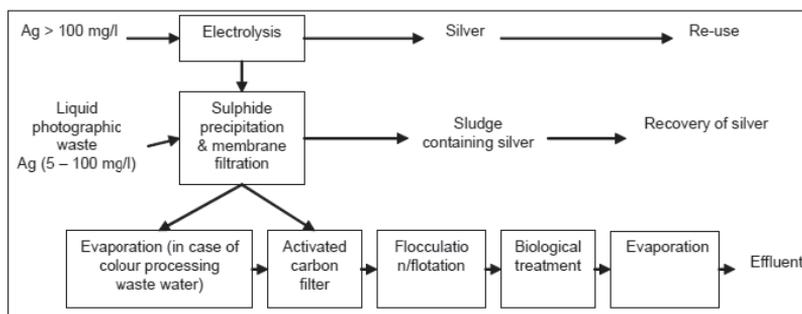
- биологическая очистка;

- испарение в вакуумном испарителе. Конденсат можно использовать в качестве технической воды или сбрасывать;

- осадок после флокуляции/флотации и биологической очистки и остаток от испарителя сжигается или депонируется на полигоне.

шагов:

Рисунок 1.2.18 ПЕРЕРАБОТКА ЖИДКИХ ФОТОГРАФИЧЕСКИХ ОТХОДОВ



Пояснения к рисунку:

*Ag > 100 mg/l – Ag > 100 мг/л; Electrolysis – электролиз; Silver – серебро; Re-use – повторное использование; Liquid-photographic waste – жидкие отходы фотографии; Sulphide precipitation & membrane filtration – осаждение сульфидов и ультрафильтрация через полупроницаемую мембрану; Sludge containing silver – осадок, содержащий серебро; Recovery of silver – утилизация серебра; Evaporation (in case of color processing waste water) – испарение (в случае удаления цвета сточных вод); Activated carbon filter – фильтр с активированным углем; Flocculation/flotation – флокуляция флотация; Biological treatment – биологическая очистка; Effluent – сток;*

Применение. Фотопромышленность.

### **1.2.5. Виды переработки, предназначенные главным образом для производства материалов, используемых в качестве топлива**

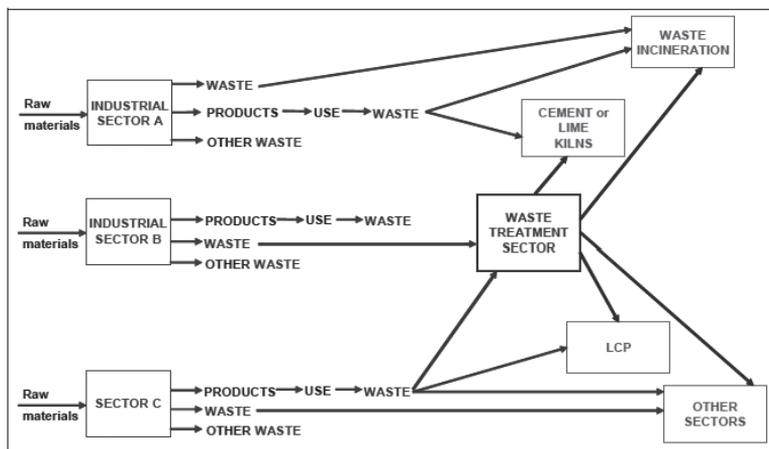
В этом разделе охвачены такие виды переработки и процессы, которые применяются главным образом для получения материалов, приготовленных из отходов, которые должны использоваться в качестве топлива или для изменения их физико-химических свойств, что позволит лучше утилизировать их теплотворную способность. При некоторых видах переработки могут получаться некоторые продукты, которые можно использовать для других целей, иных, чем топливо. Эти процессы очень похожи и зависят только от физических свойств начальных отходов и физических свойств отходов, которые они должны иметь при сжигании в камере сгорания. Обсуждение реального сжигания отходов не имеется в этом документе, так как оно отражено в индивидуальных секторах BREF (например, сжигание отходов, цемент и известь, крупные установки для сжигания, черная металлургия и т.д.).

Отходы, которые обладают теплотворной способностью, в настоящее время используются в качестве топлива в некоторых процессах сжигания, например, при сжигании отходов, в печах для производства цемента или извести, крупных установках для сжигания, тепловых установках, химических заводах, промышленных котлах, установках для производства керамики, кирпичных заводах, черной металлургии, цветной металлургии. Некоторые сектора промышленности, использующие отходы в качестве топлива, непосредственно связаны с образованием этих отходов. Это подразумевает, что для некоторых отходов, образующихся в стационарных процессах (поэтому определенной консистенции), не требуется любая дальнейшая переработка для их дальнейшего использования в этом секторе, и, поэтому, они часто поставляются непосредственно на установку, в которой они должны использоваться (например, отработанные масла, отработанные растворители). В этих случаях не проводится переработка отходов, и, следовательно, эти виды деятельности не включены в область действия этого документа (они представлены на рис. 2.18). Тип потоков отходов, которые технически пригодны для использования на установках совместного сжигания, относится к проблеме, которая должна решаться в индивидуальных секторах BREF. В этом документе рассмотрены и проанализированы проблемы окружающей среды, связанные с обращением и трансформацией различных типов отходов в материалы, пригодные для использования в различных процессах, как представлено на рис. 2.18.

#### **Рисунок 1.2.19 НЕКОТОРЫЕ НЫНЕШНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ В КАЧЕСТВЕ ТОПЛИВА В РАЗЛИЧНЫХ СЕКТОРАХ**

Пояснения к рисунку:

*Rawmaterials* – сырье; *Industrialsector* – промышленный сектор; *Waste* – отходы; *Products* – продукты; *Otherwaste* – другие отходы; *Use* – использование; *Wasteincinerator* – устройство для сжигания отходов; *Cementorlimekilns* – цементные или известеобжиговые печи; *Wastetreatmentsector* – сектор обращения с отходами; *LCP* – крупные установки для сжигания



Примечание: рисунок не предназначен для того, чтобы показать все возможности, которые могут появиться. Для повышения разборчивости на рисунке не показаны некоторые варианты.

Указанные несколько случаев использования отработанных масел в качестве замещающего топлива без любой обработки являются одним из вариантов их использования. Данный вариант использования встречается по всей Европе и его популярность изменяется в зависимости от местных экономических и законодательных условий. В большинстве национальных нормативных документов разрешено сжигание отработанных масел в цементных печах. Отработанные масла принимаются при определенных условиях как топливо в цементных печах Франции, Германии, Италии, Испании и Соединенном Королевстве. При этом, в Нидерландах, например, данный вариант использования запрещен.

Обычные способы, используемые при производстве этих материалов для их использования в качестве топлива, описаны в Разделе 2.1.

### **1.2.5.1. Приготовление твердого топлива главным образом из твердых отходов**

#### **1.2.5.1.1. Приготовление твердого топлива с помощью механической (и биологической) обработки из неопасных отходов**

Цель. Основная цель состоит в подготовке горючего материала из муниципальных твердых отходов (MSW). Другие цели упомянуты в Разделе 2.2.2. Основная функция приготовления топлива состоит в повышении качества выбранных материалов до стандартного топлива. В этом разделе рассмотрена также подготовка твердых топлив с помощью приготовления смесей/смешивания. Грубо говоря, возможно разделение двух типов МВТ:

- установки для "разделения", которые предназначены для разделения остаточных отходов на "биоразлагаемые" (которые можно сушить и использовать в качестве топлива) и фракции с "высокой теплотворной способностью"

- процессы "сухой стабилизации", которые в меньшей степени связаны с разделением на фракции, а в большей мере направлены на использование тепла процесса "компостирования" для сушки остаточных отходов и повышения их теплотворной способности, и, поэтому, делать их пригодными для использования в качестве топлива, а также для увеличения разделения фракций.

Принцип действия. Этот тип топлива производится с помощью сортировки отходов, главным образом, для оставления горючего материала за счет в основном удаления влажной гниющей фракции и тяжелых инертных составляющих (камней, стекла, металлического лома и т.д.) из отходов. Другими используемыми операциями являются, например, грохочение, сепараторы, дробилки, отсев и выборка.

Технологии приготовления твердого топлива значительно изменяются в зависимости от источника и типа отходов и от требований потребителя установок для сжигания.

Очень важно иметь в виду, что отходы представляют собой гетерогенную смесь материалов, в особенности муниципальные твердые отходы. Поэтому при производстве топлива производитель делает топливо более однородным с помощью использования технологии приготовления и переработки конкретных отходов.

122

Потоки поступающего сырья и материалов. Эта деятельность обычно используется для переработки неопасных отходов. Твердое топливо может появляться от многих различных источников, таких как предварительное использование промышленных остатков, последующее использование промышленных отходов, отдельные фракции от торговли и домохозяйств и от деятельности по строительству и сносу. При поступлении в процесс это могут быть либо непосредственно промышленные отходы, либо смешанные отходы (обычно, так как уровень смешивания возрастает, возрастает и потребность в приготовлении отходов). В зависимости от источника состав и количество загрязнения выходящих отходов будут различаться.

MSW, "коммерческие" отходы и отходы строительства и сноса являются самыми распространенными источниками. Наиболее распространенными материалами отходов являются: бумага, пластик, древесина и текстиль. Другим типом отходов, которые обычно используются, это бумажная фракция (бумага + пластик + резина) от масляных фильтров. Она обладает высокой теплотворной способностью.

Возможно различие двух основных видов топлива: измельченный или рыхлый материал и уплотненное топливо, такое как гранулы, бруски и брикеты. Уплотненное утилизируемое твердое топливо может иметь меньшую теплотворную способность (LHV), т.е. до 30 МДж/кг в зависимости от состава. Подтвержденные минимальные значения теплотворной способности варьируются от 3 до 40 МДж/кг. В других данных сообщается, что у поступающих отходов, которые могут иметь обычно начальную теплотворную способность около 8,4

МДж/кг, она может быть повышена примерно до 17 МДж/кг (главным образом, за счет отделения негорючих фракций (например, неорганические материалы и вода).

Отходы пластмасс могут замещать другие твердые топлива, такие как уголь, торф, дрова, нефтяной кокс и т.д. Имеются ряд разработок, которые в настоящее время проводятся в отношении замещения топлива, а также некоторые демонстрационные установки, работающие в настоящее время с использованием пластмасс из твердых отходов.

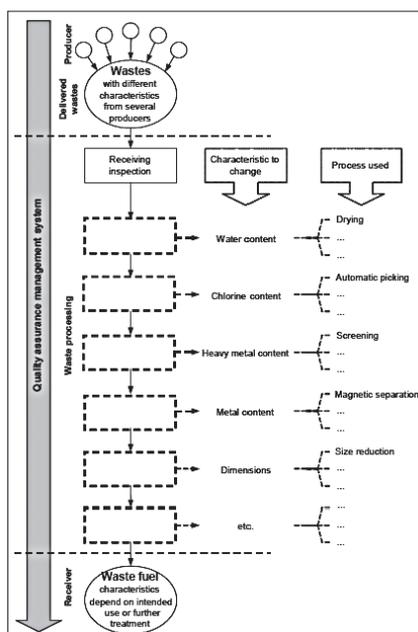
Переработка с целью получения отходов из твердого топлива проводится с разделением MSW на две фракции. Теплотворная способность и состав этих фракций различные, и имеется также различие от переработанных MSW. Фракция, которая остается после извлечения топлива из твердых отходов, может составлять высокий процент переработанных MSW.

Описание процесса. В зависимости от источника и использования эти отходы измельчаются, разделяются, смешиваются и брикетируются. Типичный пример технологической схемы процесса таков: поступление (отходов), механическое транспортирование (например, ленточный транспортер), сепарация (например, с помощью барабанного грохота, воздушного сепаратора, ручной разборки, магнитов, сушилок), уменьшение размера (например, с помощью дробления, измельчения), увеличение размера (например, пакетирование, гранулирование) и конечная продукция (топливо). Некоторые примеры, примененные в этом процессе, известны: уменьшение/удаление/изменение физических и (или) химических загрязняющих веществ. На рис. 2.19 показана только одна основная характеристика – автоматизированная разборка. Спектроскопия в ближней инфракрасной области или сепарация металлов также оказывают влияние на такие свойства, как, например, содержание тяжелых металлов. На рис. 2.19 представлен обзор некоторых обычных типовых процессов, которые могут применяться для производства топлива из твердых отходов. Количество и вид применяемых стадий переработки зависят от состава отходов и желаемого качества продуктов из отходов.

#### Рисунок 1.2.20 СХЕМА ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА ТОПЛИВА ИЗ ТВЕРДЫХ ОТХОДОВ

Пояснения к рисунку:

*Quality assurance management system – Система управления гарантией качества; Delivered wastes – поставляемые отходы; Producer – производитель; Wastes with different characteristics from several producers – отходы с различными характеристиками от нескольких производителей; Receiving inspection – контроль приема; Characteristic to change – характеристики, которые должны измениться; Process used – используемый процесс; Water content – влагосодержание; Drying – сушка; Waste processing – переработка отходов; Chlorine content – содержание хлора; Automatic picking – автоматизированная разборка; Heavy metal content – содержание тяжелых металлов; Screening – грохочение; Metal content – содержание металла; Magnetic separation – магнитная сепарация; Dimensions – размеры; Sizer reduction – уменьшение размеров; Etc – и т.д.; Receiver – получатель; Waste fuel characteristics depend on intended use or further treatment – характеристики топлива из отходов зависят от целевого использования дальнейшей переработки.*



Разделение в источнике образования может быть первым действием, учитываемым для монопотоков. Предварительное разделение может быть введено в систему сбора смешанных коммерческих отходов. Зона приема отходов является первым важным объектом в отношении системы управления гарантией качества, и здесь провести контроль приемки. Все виды аномальных материалов, которые могут вызывать эксплуатационные проблемы или проблемы качества, должны сортироваться на этой начальной стадии.

Производство топлива из твердых отходов можно разделить на несколько этапов, которые перечислены ниже. Однако этот перечень представляет только один из возможных способов; каждый способ необязательно является частью каждого процесса:

- приемная площадка/бункер
- предварительная сортировка/отбор загрязняющих веществ
- загрузочное устройство - автопогрузчик или подъемные краны обычно применяются для подачи сырья в процессе
  - уменьшение размеров - отделение и одновременное измельчение может быть достигнуто с помощью молотковой, роторных ножиц, одновалных шредеров, ротационного режущего аппарата, шредеров с кулачковым валом и каскадной мельницы
  - сепарации металлов, например отделения черных и цветных металлов от твердых отходов. Тип систем обычно используемых для этих целей – магнитные и электромагнитные сепараторы:
  - классификации по фракциям. Это могут быть различные грохоты

- концентрации определенных материалов
- воздушная сепарация
- спектроскопия в инфракрасном спектре
- уплотнение
- биологическое разложение/термическая сушка
- сбор и очистка отходящих газов
- очистка сточных вод
- погрузка и транспортирование и т.д.

Основными процессами и стадиями производства являются:

- предварительная гомогенизация
- Предварительная гомогенизация поступающих отходов основана на физико-химических характеристиках. Эта операция состоит из проведения предварительного смешения с получением физических характеристик, приемлемых для процесса псевдооживления. Этот шаг предотвращает проблемы различного вида, возникающие в процессе, такие как блокирование в воронках/трубопроводах/машинном оборудовании.

- подача отходов с объектов предварительного хранения для процесса псевдооживления

Управление твердыми отходами проводится с помощью одноковшового экскаватора, руки с гидроприводом, мостового крана или гидропогрузчика. Эти отходы направляются на процесс псевдооживления с помощью шнекового конвейера или конвейера-измельчителя. Управление осадками проводится с помощью гидравлического экскаватора, мостовых кранов и (или) гидравлических плунжерных насосов, которые дают возможность обращаться с материалами с высокой вязкостью. Управление жидкими отходами происходит с помощью насосов. Технологии нагнетания должны позволять воспринимать изменения качества и наличие частиц в суспензии.

Процесс псевдооживления. Он состоит из четырех основных стадий:

- “Классификация” пастообразной части

Эта стадия состоит из измельчения крупных частиц, удаления любых посторонних металлических частей, случайно смешанных с химическими отходами, и затем передачи этого пастообразного материала в смесительный бак. Используют шредеры с медленным движением, которые применяются для легко воспламеняемых отходов и отходов с низкой температурой воспламенения (например, ротационные ножницы с одним или двумя роторами) и специальные шредеры для определенных видов отходов (например, криогенные шредеры). Технологии для удаления нежелательных твердых частей включают в себя сепараторы черных и цветных металлов и вибросита и (или) статические решетки для более крупных частиц. Транспортирование материалов осуществляется с помощью шнеков или насосов (например, бетононасосов).

Возможна также упрощенная схема для более низких инвестиций: она состоит из установки небольшой производительности, которая предназначена для менее трудных отходов (т.е. отходов без крупных частиц). В этом случае материал можно направлять на стадию смешения с измельчением. Может быть установлен

ротационный фильтр для удаления больших количеств бесполезных материалов.

- растворение и грохочение

На этой второй стадии растворяются и эмульгируются пастообразные части в фазе растворителя для получения однородного материала.

Растворение твердых органических соединений в жидкой фазе, состоящей из растворителей и (или) сточных вод, проводится с помощью специальных смесителей, барабанного сита и буферных емкостей. Смесители должны реагировать на ограничения клейких материалов, содержащих прочные и массивные твердые части в суспензии. Они превращают в порошок твердые частицы между ротором и статором и смешивают их в жидкой фазе. Затем жидкая смесь вводится внутрь барабанного сита, в котором удаляются куски пластмассовых покрытий, фрагментированных при измельчении на предыдущей стадии. В буферной емкости собирается материал в ходе подготовки в конце этой стадии.

- измельчение и эмульгирование

Эта третья стадия включает в себя тонко измельченные и твердые частицы, остающиеся в суспензии в жидкой фазе. Она также включает в себя образование тонкого слоя эмульсии между водной фазой и фазой углеводородов, составляющей жидкое топливо из отходов. Стабильность и качество сжигания топлива из отходов зависят непосредственно, как от однородности, так и от размера фрагментов твердых частиц в суспензии.

126

Эти критерии требуют технологий с высокой скоростью измельчения/эмульгирования, что сопровождается магнитными сепараторами и механическими фильтрами. Оборудование должно быть достаточно гибким для того, чтобы воспринимать изменения вязкости, плотности и природы твердых частиц в суспензии.

Жидкое топливо из отходов контролируется на этой стадии в течение заполнения буферной емкости. Некоторые параметры, такие как pH и вязкость, можно непрерывно контролировать в процессе. Другие параметры, такие как LHV (низшая теплотворная способность), состав и температура воспламенения контролируются с помощью проб, отбираемых в течение производственного процесса. Если качество не соответствует техническим характеристикам, топливо должно быть переработано перед передачей на хранение.

Возможна более простая схема для установок с небольшой производительностью: тогда стадия 2 и 3 могут проводиться в одно и то же время. В этом случае смесительная и буферная емкость должны быть те же самые, а смесительная линия должна упираться в смесительный бак.

- хранение и отправление

Как только в буферной емкости достигается высокий уровень, материал можно направлять с помощью насоса на конечное хранение. В течение этой процедуры может проводиться корректировка качества топлива с помощью измельчителей и фильтров, работающих на трубопроводе перекачки. Емкости для хранения обычно состоят из вертикальных цилиндрически-конических баков со смесительным оборудованием. Для гомогенизации жидкого топлива приемлемыми являются две технологии смешивания:

- большой корабельный смеситель, установленный на крыше бака
- насосная система, которая помогает смешивать содержимое верхней и нижней части бака с помощью контура циркуляции.

Отправка пользователю проводится с загрузочной станции грузовиком. Эта загрузочная станция получает продукты от поста хранения, упомянутого выше.

Пользователи. Установки для совместного сжигания (например, цементные печи).

### 1.2.5.2. Приготовление эмульсий из жидких/полужидких опасных отходов

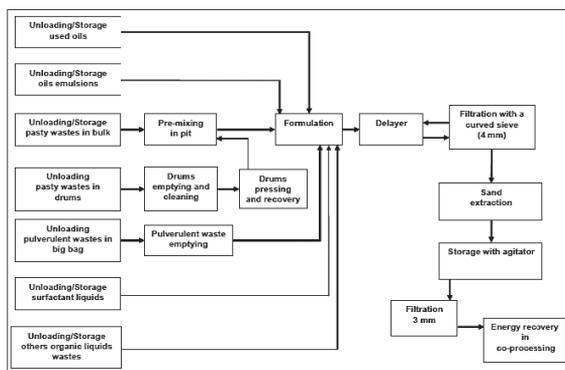
Цель состоит в производстве гомогенного и стабильного топлива из жидких и полужидких отходов.

Принцип действия. Этот процесс основан на контроле смешивания с помощью добавки определенных химикатов и ПАВ.

Поток поступающего сырья и продуктов. Эмульсии обычно получают из опасных отходов, таких как масла и эмульсии от машиностроения и металлургии, отходов и осадков, содержащих масла от переработки нефти, производственного брака и т.д.

Описание процесса. Установки похожи по конструкции и схеме с теми установками, которые используются для приготовления пастообразной сырой смеси при производстве клинкера в цементных печах.

Рисунок 1.2.21 ПРИМЕР СХЕМЫ ПРОЦЕССА ПРИГОТОВЛЕНИЯ ЭМУЛЬСИЙ



Пояснения к рисунку:

Unloading/Storage used oils – разгрузка/хранение отработанных масел; Unloading/Storage oils emulsions – разгрузка/хранение масляных эмульсий; Unloading/Storage pasty wastes in drums – разгрузка/хранение пастообразных отходов в бочках; Pre-mixing in pit – предварительное смешение в приемной яме; Formulation – составление смеси; Delayer – устройство задержки; Filtration with a curved sieve (4 mm) – фильтрация с криволинейным ситом (4 мм); Unloading pasty wastes in drums – разгрузка пастообразных отходов в барабаны; Drum emptying and cleaning – опорожнение и очистка бочек; Drums pressing and recovery – прессование и утилизация бочек; Sand extraction – удаление песка; Storage with agitator – хранение с перемешиванием; Unloading pulverulent wastes in big bag – разгрузка порошкообразного материала в эластичный контейнер; Pulverulent waste emptying – опорожнение порошкообразных отходов; Unloading/Storage surfactant liquids – разгрузка/хранение жидких ПАВ; Unloading/Storage other organic liquids wastes – разгрузка/хранение других органических жидких отходов; Filtration 3 mm – фильтрация 3 мм; Energy recovery in co-processing – утилизация энергии при совместной переработке

Основными процессами и стадиями производства являются:

- подача отходов с места хранения в установку для обработки

Перед введением в производственный процесс отходы декондиционируются с помощью оборудования, приспособленного под их физические характеристики. Пастообразные отходы извлекаются из бочек и помещаются в специальные ямы. Сначала управление ими происходит с помощью одноковшового экскаватора, и они помещаются в яму для гомогенизации. Затем они поступают в воронку для того, чтобы ввести их в производственный процесс с помощью шнекового конвейера или бетононасоса. Порошкообразные отходы, такие как краска и стиральный порошок, поступают в эластичных контейнерах (биг-бегах). Они непосредственно направляются в производственный процесс с помощью оборудования, приспособленного для улавливания пылевых выбросов. Управление жидкими отходами происходит с помощью насоса. Технологии нагнетания (центробежный насос, объемный насос с наружным ротором и т.д.) должны быть совместимыми с изменениями вязкости и наличием частиц в суспензии.

- составление смеси

Согласно физико-химическим характеристикам хранимых отходов в лаборатории определяют технические условия, включая природу и количества отходов, которые можно направить в производственный процесс. Разрабатываются также испытания на совместимость. Такие испытания проводятся во время любой производственной операции для того, чтобы было достигнуто соответствие с техническими условиями топлива из отходов.

- производственный процесс

Производственный процесс, который является периодическим процессом, проводится с помощью специальных смесителей (называемых “устройством задержки”), закрытых для того, чтобы предотвратить выбросы летучих органических соединений. В смеситель вводят различные компоненты согласно техническим условиям, определенным в лаборатории. Предусмотрена мешалка для образования стабильной эмульсии. На протяжении этой стадии проводится мониторинг нескольких параметров, таких как вязкость, pH, температура и технические характеристики двигателя. Одной из целей мониторинга является определение любых реакций полимеризации, так как они могут вызвать производственные проблемы.

- грохочение

Как только получена эмульсия, снова происходит циркуляция с помощью центробежного насоса до смесителя, а с помощью дугового грохота обеспечивается удержание частиц с диаметром выше 4 мм.

- удаление песка

Когда смеситель опорожнен, перед направлением материала в емкость для хранения, он откачивается насосом в бетонную яму с бассейном седиментации. Цель состоит в разделении по плотности любых минеральных твердых частиц (например, песка), которые могут находиться в материале.

- хранение и отправка

Материал подается с помощью центробежного насоса на хранение. Емкость

для хранения обычно представляет собой бетонные или стальные вертикальные баки с оборудованием для смешивания. Три устройства для смешивания пригодны для поддержания гомогенности:

- погружная мешалка;
- мешалка со скребком для того, чтобы предотвратить седиментацию;
- насосная система, которая смешивает содержимое верхней и нижней части бака с контуром циркуляции с высоким расходом (250 м<sup>3</sup>/ч).

Качество топлива из отходов контролируется для того, чтобы была уверенность в том, что его характеристики соответствуют техническим условиям потребителя. В ряде особых случаев может быть сделана добавка отходов с высокой теплотворной способностью, если она оказывается слишком низкой.

Отправка на объекты для совместной обработкой проводится грузовиками со станции погрузки. В течение погрузки проводится заключительное грохочение (с помощью фильтра с диаметром 3 мм).

Применение. Установки для совместного сжигания (например, цементные печи).

#### **1.2.5.2.1. Обработка отработанных масел для использования в качестве топлива**

Имеется два основных варианта для обработки отработанных масел. Один - состоит в очистке отработанных масел до базового масла, используемого для производства смазочных масел. В этом документе это называется "регенерацией" Второй способ связан с обработкой отработанных масел для использования в качестве топлива. Этот вид обработки рассмотрен в этом разделе.

Теплотворную способность отработанных масел можно использовать. Их можно использовать в качестве топлива замещающего уголь, дизельное топливо и легкую топливную нефть. Отработанные масла имеют экономическую ценность. Существует ряд различных вариантов сжигания отработанных масел, которые можно отчасти разделить по температуре сжигания, а отчасти по технологии регулирования, которая используется для снижения воздействий на окружающую среду. Перед их использованием в качестве топлива может возникнуть необходимость в применении некоторых видов обработки для очистки и трансформации.

**Таблица 1.2.16 ВИДЫ ОБРАБОТКИ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ ОТРАБОТАННЫХ МАСЕЛ ПЕРЕД ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ В КАЧЕСТВЕ ТОПЛИВА**

Тип обработки	Изменения, которые происходят в отработанных маслах после обработки	Использование в качестве топлива	Сектор промышленного использования
Нет обработки. Используются непосредственно в процессе сжигания. (Не рассмотрено в этом документе)	Нет изменений	Непосредственное использование в качестве топлива в сушилках, печах и т.д.	Сжигание отходов, цементные печи. Обогреватели зданий (гаражей, теплиц, цехов и т.д.) 1. На борту судна (обычно используют судовое масло). Добыча карьерного камня

Умеренный режим обработки	Удаление воды и отложений	Топливо из отходов смешивается с котельным топливом (замена котельного топлива)	Цементные печи, установки для производства дорожного щебня, крупные судовые двигатели, электростанции на угольной пыли
Некоторые виды обработки (химические или термические процессы)	Деметаллизированное тяжелое дизельное топливо (или тяжелый дистиллят)	Топливо из отходов смешивается с котельным топливом (замена котельного топлива)	Судовое дизельное топливо, топливо для отопительных установок
Термический крекинг	Деметаллизированный и подвергнутый крекингу материал	Дистиллятный газойль	Газойль (также называется печным топливом, дизельным топливом, печным топливом ит.д.). Деметаллизированное тяжелое дизельное топливо, судовый газойль, рафинированное легкое базовое масло не используется в качестве топлива
Гидрогенизация	Снижение содержания серы и РАН		
Газификация <sup>2</sup>	Получение синтез газа (H <sub>2</sub> +CO)		Химическое производство метанола. Крупные установки для сжигания (например, газовые турбины)

<sup>1</sup> Запрещено в некоторых государствах-членах ЕС<sup>2</sup> Больше информации см. в Разделе 2.5.3.

### 1.2.5.2.2. Непосредственное сжигание отработанных масел

В Европе сжигание отработанных масел без любой обработки является распространенным вариантом обращения с ними. Тем не менее, он используется с различной степенью популярности в зависимости от местных экономических и законодательных условий. Идентифицировано четыре сектора, в которых непосредственно сжигаются отработанные масла: цементные печи (см. BREF по цементу и извести), установки для сжигания отходов (см. BREF по сжиганию отходов), в качестве восстановителя/топлива в доменных печах (см. BREF по черной металлургии) и в крупных установках для сжигания (см. BREF по крупным установкам для сжигания). Поскольку этот вопрос уже охвачен в других BREF, он не включен в область действия этого документа.

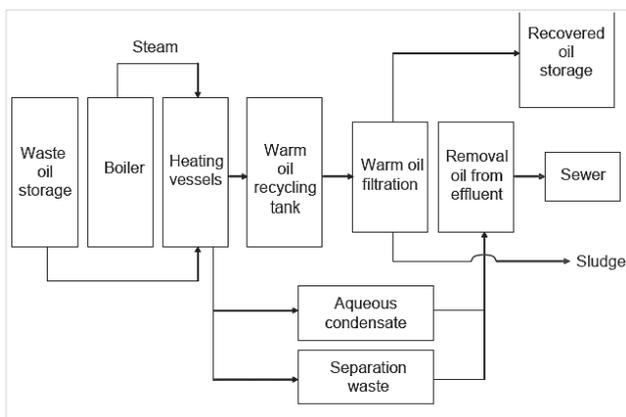
### 1.2.5.2.3. Умеренная переработка отработанных масел

Цель. Очистка отработанных масел для улучшения физических свойств с тем, чтобы их можно было использовать в качестве топлива для большого круга конечных потребителей.

Принцип действия. Переработка связана с осаждением твердых частиц и воды, химической деминерализацией, центрифугированием и ультрафильтрацией через полупроницаемую мембрану.

Потоки поступающего сырья и продуктов. В общем, отработанные масла. Применяется простой процесс очистки для отработанных масел, предназначенных для сушки асфальта или для топливных смесей перед дальнейшим использованием.

Рисунок 1.2.22 ПРимер умеренной обработки отработанных масел



Пояснения к рисунку:

Steam - пар; Wasteoilstorage – хранение отработанных масел; Boiler – котел; Heatingvessels – обогреваемые; Warmoilrecyclingtank – бак для рециклинга горячего масла; Recoveredoilstorage – хранение утилизированного масла; Warmoilfiltration – фильтрация горячего масла; Removaloilfromeffluent – удаление масла из стока; Sewer – канализация; Sludge – осадок; Aqueouscondensate – водный конденсат; Separationwaste – разделение отходов

Осаждение. Вода и отложения осаждаются в баке после смешивания отработанных масел с деэмульгатором. Осаждение облегчается за счет нагрева бака до 70-80°C. В случае необходимости чистое масло декантируется и проходит через серию фильтров. Происходит очистка сточных вод и отложений. Применяется простой процесс очистки для удаления воды и отложений (хотя обычно не приходится иметь дело с тяжелыми металлами, галогенами и серой) перед дальнейшим использованием отработанных масел для замены топливного масла.

Химическая деминерализация. Этот процесс используется для очистки металлических загрязняющих веществ и аддитивов. Химический процесс основан на осаждении таких солей как фосфаты, оксалаты и сульфаты. Топливо из отходов пригодно для сжигания как "нефтяной остаток" и при его сжигании вследствие предварительной переработки образуется меньше загрязняющих

веществ. Вода обычно удаляется с помощью деэмульгации и нагрева. Осадок удаляется с помощью осаждения или фильтрации. К сожалению, требуются химикаты и установка, что довольно дорого по сравнению с добавленной стоимостью к произведенному топливу из отходов. Кроме того, образуются концентрированные опасные отходы.

Ультрафильтрация через полупроницаемую мембрану. Образуются рециклированное масло высокого сорта, концентрированные отработанные масла и сточные воды.

Применение. Отработанное масло было заменителем легкого газойля в течение нескольких лет, что давало эффект снижения эксплуатационных затрат. Полученное из отработанного масла топливо может продаваться как топливо для судов и двигателей, использоваться на асфальтовых заводах и электростанциях. Топливо, полученное после ультрафильтрации через полупроницаемую мембрану пригодно для сжигания на электростанциях или для использования в качестве добавки к дизельному топливу. Концентрированное отработанное масло после ультрафильтрации через полупроницаемую мембрану для впрыска с углем. При этом загрязняющие вещества связываются при сжигании с соединениями диоксида кремния.

**Таблица 1.2.17 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТРАБОТАННЫХ МАСЕЛ, ПОДВЕРГНУТЫХ УМЕРЕННОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ, В КАЧЕСТВЕ ТОПЛИВА**

132

Сектор, в котором используются отработанные масла	Комментарии	Страны, в которых оно используется
Установки для получения дорожного щебня и асфальтовые заводы	Обработанные отработанные масла сжигаются для высушивания щебня для производства дорожного покрытия. Щебень высушивается, затем доводится до требуемого размера, после чего смешивается с битумом и наполнителем	Обычная практика в Бельгии и Соединенном Королевстве. Однако в Италии некоторые природоохранные органы запрещают их использование
Сухой известняк	Обработанные отработанные масла сжигаются для высушивания известняка. Некоторые кислые загрязняющие вещества, вероятно, улавливаются твердым материалом	
Смешивание с печным топливом	Обработанные отработанные масла могут быть смешаны с печным топливом. В этом случае максимальное количество обработанных отработанных масел, которое может быть смешано с другими потоками тяжелого топлива, ограничено техническими условиями на содержание золы (обычно около 0,1% максимум) и содержание серы и может подвергаться требованиям в отношении диапазона вязкостей	
Электростанции	обработанные отработанные масла используются на пылеугольных электростанциях, главным образом как топливо для пуска, но иногда также используются в качестве добавки к основному топливу, когда поступление тепла ограничено. См. также LCP BREF [64, EIPPCB, 2003]	

Сектор, в котором используются отработанные масла	Комментарии	Страны, в которых оно используется
Сжигание отработанных масел в обогревателях зданий	После стадии предварительной подготовки, когда удаляются вода и отложения, чистые отработанные масла (см. Раздел 2.4.1.1) сжигаются в обогревателях небольших зданий в гаражах, цехах и теплицах. Для этой цели изготавливают специализированные автономные нагреватели. В такого типа устройствах отходящие газы обычно не проводится очистка, и вероятны выбросы в воздух вредных и загрязняющих веществ. Такой режим обычно реализуется на установках малого масштаба (обычно <10МВт). При таком использовании источник нагрева является экономичным, а отработанное масло размещается в месте образования	Полагают, что на такое сжигание в Соединенном Королевстве приходится 40 тыс. т отработанного масла в год. В Бельгии и Дании оно нелегально в большинстве случаев используется в гаражах, цехах (на это необходимо иметь разрешение на размещение его как опасных отходов)
На борту судна	Обычно это связано с использованием судового масла. Отработанные масла, источниками которых являются суда и объекты на земле, смешиваются для того, чтобы получить лучшие параметры переработки и разделения. Масла используются как конечное топливо из отходов или в качестве дистиллятного продукта, и это означает, что различные потоки смешиваются для того, чтобы соответствовать техническим условиям в отношении диапазона вязкостей. Смесь такого топлива продается как бункерное топливо. Для удаления воды проводят декантирование отработанных масел, в случае необходимости расслаивания можно добавлять деэмульгаторы и (или) повышать температуру. Затем масло фильтруется и подвергается центрифугированию. Получающееся масло направляется в бак для хранения, и из него отбираются пробы. Некоторая часть очищенных отработанных масел в настоящее время используется в электродвигателях морского исполнения для производства электроэнергии	Некоторые примеры имеются в Испании

#### 1.2.5.2.4. Интенсивная переработка отработанных масел

Цель. Интенсивная обработка имеет целью разделение горючей части отработанных масел от менее желательных кубовых остатков, содержащих металлы, негорючую золу, опилки и грязь. При "интенсивной" обработке происходит преобразование отработанных масел в топлива, которые можно сжигать с условиями, сходными для сжигания других отработанных масел.

Принцип действия. Используются колонна для отгона легких фракций и (вакуумные) дистилляционные колонны для получения чистого топлива из отходов, пригодного для использования в качестве топлива. Имеется несколько коммерческих процессов (см. ниже описание процесса).

Потоки поступающего сырья и продуктов. Получающееся деметаллизированное отработанное масло (называемое также тяжелым дистиллятом или тяжелым дизельным топливом) сжигается как морской мазут или как топливо для нагревательных установок.

Отходы от процесса "Traiblazer" (см. описание процесса ниже):

- легкие углеводороды, состоящие из бензина, керосина и т.д.;
- вакуумные дистилляты. Они состоят из беззольных углеводородов в дизельном диапазоне и соответствуют техническим условиям котельного топлива, включая использование в качестве морского мазута;
- добавка к асфальту. Этот материал является кубовым остатком от вакуумной перегонной колонны. В добавке к асфальту содержатся металлы, аддитивы и продукты разрушения. Металлы, инкапсулированные в конечный битумный материал, демонстрируют низкую выщелачиваемость в ходе разнообразных испытаний.

Отходы от процесса деасфальтизации пропаном (см. описание ниже). Образуемое базовое масло пригодно только в качестве добавки к дизельному топливу, поскольку при этом получают необработанные базовые компоненты смазочного масла, которые непригодны для продажи. Образующиеся "кубовые остатки" пригодны в качестве битума. В этом процессе получают более пригодные для продажи материалы, чем в случае регенерации с помощью химической переработки или гидрогенизации. Именно поэтому это процесс при определенных рабочих условиях можно рассматривать как процесс регенерации, поскольку образуется большой процент базовых масел. Больше информации можно найти в табл. А1.2.12.

Описание процесса. Существуют некоторые виды химической обработки (обработанная кислотой глина, экстрагирование растворителем, экстрагирование пропаном и т.д. без заключительного шага), которые аналогичны термической обработке (процесс "Traiblazer", процесс "Vaxon" и т.д.). Краткое описание процессов, имеющихся в настоящее время на рынке, таково:

Процесс "Vaxon". Он состоит из серии вакуумных циклонных испарителей, после которых следует химическая обработка полученных дистиллятов. Имеется несколько стадий:

- на первой стадии удаляются вода, бензиновая фракция и легкие фракции нефтепродуктов;
- на второй стадии удаляются газойль, веретенное масло или легкое дистиллятное топливо из больших объемов отработанных масел;
- на третьей и четвертой стадиях разделяются различные боковые фракции из остатка (в котором сконцентрированы все металлы, аддитивы, отложения, тяжелые углеводороды и продукты распада).

Получающиеся в результате дистилляты можно рассматривать как промышленное масло хорошего качества. Этот процесс был модифицирован для получения рафинированных базовых масел (см. табл. 2.12).

Процесс "Traiblazer". В этом процессе отработанное масло обезвоживается в колонне для отгона легких фракций, выдерживается, а затем обрабатывается с помощью вакуумной дистилляции с получением трех потоков продуктов. Получаемое в этом процессе беззольное дистиллятное топливо составляет 80% по сухой основе.

Процесс деасфальтизации пропаном (PDA). Существует два типа процессов. Они называются "одностадийным" и "двухстадийным". Больше информации

можно найти в табл. 2.12. Масло смешивается в установке для деасфальтизации с жидким пропаном при высоком давлении и окружающей температуре для разделения асфальтовой фракции. Компоненты отработанного масла, которые не растворимы в пропане (т.е. асфальтовая фракция, содержащая углерод, металлические аддитивы, смолы, полимеры, соединения распада и асфальт), осаждаются и могут быть удалены с помощью осаждения. Процесс состоит из стадий, показанных в табл. 2.18:

Таблица 2.18 ИНФОРМАЦИЯ О ПРОЦЕССЕ PDA

Обезвоживание и удаление топлива	Предварительное испарение. Вода, легкие фракции нефтепродуктов и следы топлива, содержащиеся в отработанном топливе удаляются с помощью атмосферной или мягкой вакуумной газоочистки; для этой операции можно использовать одну или две колонки
Деасфальтирование	PDA, фракционирование и гидроочистка. Асфальт разделяется с помощью экстрагирования утилизируемых фракций отработанного масла жидким пропаном. Существует две версии: 1) одна стадия: последующая установка экстракции PDA, осветленное масло отделяется от пропана и направляется на гидроочистку. В конечном итоге производится фракционирование в вакуумной колонне с получением желательных фракций смазочного масла 2) две стадии: осветленное масло, поступающее из первой установки PDA, подвергается дистилляции и фракционированию в вакуумной колонне. Нижние фракции, все еще содержащие примеси, направляются во вторую установку PDA; получающаяся асфальтовая фракция подвергается рециклингу в первой установке PDA. Масляная фракция, поступающая от боковых фракций вакуумной колонны, вместе с тяжелой фракцией, осветленной на второй стадии PDA, гидрогенизуется отдельно в гидроочистке. Двухстадийный процесс по сравнению с одной стадией расширяет срок службы катализатора гидроочистки, но у него выше инвестиции и эксплуатационные затраты
Фракционирование	Вакуумная дистилляция
Финишная обработка	Глина или гидроочистка: После стадий последующей дистилляции содержание хлора в дистиллятах снижается с помощью обработки металлическим натрием
Результат	74% на сухой основе для процесса IFP (97% обезвоживания и удаления топлива, 80% деасфальтирования), 95% гидроочистки (при среднем давлении) 80% на сухой основе для Snamprogetti <sup>1</sup> . 5% топлива, 9% газойля и 6% осадка
Общий размер установки	
Преимущества	Высокая производительность и хорошее качество топлива из отходов (если проводится гидроочистка)
Недостатки	Более или менее дорогой процесс в соответствии с количеством стадий для PDA. Приходится удалять большое количество остатков
Комментарии	Одна стадия: IFP была первой компанией, применившей эту технологию в 1968 г. в Pieve Fissiraga в Италии (установка Viscolube). Одна установка в Италии производит 57 тыс. т/год. Две стадии: Snamprogetti внедрила эту технологию в 1982 г. на установке Ceccano (Viscolube) в Италии.

<sup>1</sup>Компания, входящая в группу компаний Eni (крупнейшая в Италии фирма в секторе добычи и переработки нефти и природного газа), специализирующаяся в области крупных проектов, реализуемых в секторе газо- и нефтеочистки.

Применение. Установка с процессом "Trailblazer" с производительностью по отработанным маслам 150 тыс. тонн/год работает в штате Луизиана, США. Некоторые из этих процессов сходны с теми, которые используются в нефтеочистке. Отработанные масла этих процессов обычно используются в качестве флотского мазута или как топливо для нагревательных установок.

### 1.2.5.2.5. Термический крекинг

Цель и принцип действия. В термическом крекинге тепло используется для разрушения молекул углеводородов с длинной цепью (например, обнаруживаемых в отработанных маслах) в короткие цепи, таким образом, образуются более легкие жидкие топлива. Таким образом, более крупные молекулы более вязких и менее ценных углеводородов преобразуются в менее вязкое и более ценное жидкое топливо.

Потоки исходного сырья и продуктов. В термическом крекинге можно принимать исходное сырье из различных типов углеводородов: отработанные масла, отходы судового топлива, масла от глубокого прожаривания и, возможно, с учетом схемы процесса отходы пластмасс (например, отработанные масла, возвращающиеся в свой исходный контейнер). Стратегия термического крекинга состоит в разрушении крупных вязких молекул до более ценных коротких молекул, начиная от деметаллизированного тяжелого дизельного топлива до регенерированного легкого промышленного смазочного масла, включая продукты газойля, а также другие материалы для других применений. В соответствии с этим, термический крекинг можно компоновать для получения следующего набора продуктов

Таблица 1.2.19 ПРИМЕР ПРОДУКТОВ ПРИ СООТВЕТСТВУЮЩИХ РАБОЧИХ УСЛОВИЯХ

Конфигурация установки	Продукты	%
1	Отходящие газы	5
	Лигроин	8
	Деметаллизированное тяжелое дизельное топливо	77
	Тяжелые остатки	10
2	Отходящие газы	10
	Лигроин	15
	Газойль (также называемый дизельным топливом)	65
	Легкое смазочное масло	Небольшая фракция
Тяжелые остатки	10	
3	Отходящие газы	5
	Лигроин	10
	Газойль	30
	Регенерированное легкое смазочное масло <sup>1</sup>	45
	Тяжелые остатки	10

<sup>1</sup> Иногда эта конфигурация применяется как процесс рафинирования, поскольку получается высокий процент рафинированного смазочного масла. Некоторые материалы крекинга используются как флотационное масло, литейная технологическая смазка или как поглотитель нафталина при газоочистке в коксовой печи.

Если желательно использовать отработанные масла для производства газойля, то выбирается наиболее жесткий режим крекинга. Если предпочтительно получение в качестве основного продукта деметаллизированного тяжелого дизельного топлива или легкого смазочного масла, то для достижения этого рабочего условия процесса можно изменить. Вследствие этой вариабельности, термический крекинг предлагает большие возможности для адаптации продуктов к потребностям рынка.

Описание процесса. Процесс происходит при очень высоких температурах (при этом испаряется вся имеющаяся вода). После удаления воды большая часть содержащихся тяжелых металлов удаляется в виде осадка или с помощью кислотной обработки перед стадией крекинга. Предварительно обработанное отработанное масло подвергается термическому крекингу при 420°C и при низком давлении (без катализатора). Последующие стадии дистилляции и стабилизации приводят к получению годного к продаже топлива (газойля). В зависимости от интенсивности крекинга материал может быть либо нефтяным топливом, топливом, пригодным для смешения с дизельным топливом (добавка к дизельному топливу), либо материалом, используемым как легкое смазочное масло и для других применений. В настоящее время имеется несколько процессов, таких как:

### **Процесс SOC:**

*SOC 1:* обезвоживание с последующим термическим крекингом, осуществляемым в обмотке с огневым нагревом, с реакционной камерой или котлом. Этот процесс пригоден для небольших установок, в диапазоне производительностей от 6 до 15 тыс. т/год, но только с ограниченным приемом сырья;

*SOC 2:* обезвоживание с последующим термическим крекингом, осуществляемым во вращающейся печи с косвенным нагревом. Этот процесс пригоден для больших производительностей, и с его помощью можно также перерабатывать также более устойчивые (стойкие к крекингу) масла, чем при термическом крекинге (такие как синтетические масла) и остатки с высоким содержанием углерода (флотское топливо и т.д.).

### **Процесс GNP:**

Это термический крекинг отработанных масел, использующий системы и оборудование "рафинированного качества". Процесс является относительно недавней разработкой. Он состоит из стадии грохочения и обезвоживания; далее следуют стадия термического крекинга; стадия разделения или дистилляции, в зависимости от желаемой результирующей смеси, и, наконец, стадия очистки и стабилизации. Эта технология характеризуется большой эксплуатационной и производственной гибкостью и приспособляемостью к изменяющимся рыночному спросу на материалы. С помощью данного процесса можно также управлять качеством выходного продукта даже в условиях существенных колебаний характеристик входного сырья. Фактически рабочие условия процесса (температура, давление, время пребывания и т.д.) могут изменяться для увеличения доли выхода основного продукта (тяжелое дизельное топливо, газойль или базовое масло) и минимизации побочных продуктов (потребляемых в процессе для теплотворной способности).

Газойль термического крекинга является нестабильным, если не будет дальнейшей обработки. Он может быстро обесцветиться и дать в осадке декстрин

и смолы. Операции стабилизации и очистки, дополняющие термический крекинг, могут позволить получить газойль, который не имеет запаха, соответствует нормам и критериям потребителя к цвету, плотности, кислотности, количеству декстрина и смол, образующихся при хранении. Для этого имеется несколько методов:

Процесс "Robysth";

- несколько методов химической стабилизации (адсорбция глиной, экстрагирование растворителем);
- гидроочистка. За исключением единичной установки для термического крекинга отработанных масел этот вид обработки не является доступным вследствие очень высоких капитальных затрат и потребности в водороде.

Типичный КПД для термического крекинга составляет 71%, который является результатом отдельных КПД в процессах обезвоживания 95%, термического крекинга 90%, дистилляции 83% и очистки/стабилизации 99,5%.

Применение. Термический крекинг является обычным процессом рафинирования минеральных масел, который хорошо известен и апробирован. В Европе имеется, по крайней мере, две установки. Одна на 40 тыс. т/год в Бельгии, а другая на 20 тыс. т/год в Испании. На последней происходит смешивание всех легких и тяжелых фракций, получаемых для подачи в тепловой двигатель, производящий электроэнергию. Семь установок работает в США с общей производительностью более, чем 160 тыс. т/год. Мощность установки для этой технологии колеблется от 7 до 40 тыс. т/год.

#### **1.2.5.2.6. Гидроочистка**

Гидроочисткой называется каталитическая гидрогенизация в отрасли производства минеральных масел. Для отработанных масел основной целью по существу является удаление РАН. При этом процессе также снижается содержание серы в маслах (это потенциально полезная характеристика, если целевым продуктом является дизельное топливо или добавка к дизельному топливу).

#### **1.2.5.2.7. Производство биодизельного топлива из растительных отработанных масел**

Цель. Производство биодизельного топлива из отработанных растительных масел.

Принцип действия. Связан с очисткой отработанных масел.

Потоки поступающего сырья и продуктов. Отработанные масел подлежащие обработке собираются на мусороперегрузочных станциях и из ресторанного сектора. Результатом обработки является главным образом дизельное топливо, которое используется для транспорта и производства глицерина.

Описание процесса. Сначала отработанные масла фильтруются и удаляется вода. Затем отработанное масло сепарируется с помощью дистилляции для получения конечных продуктов.

Применение. Существует, по крайней мере, две установки в ЕС (в Испании и Австрии), и планируется строительство одной в Португалии.

### **1.2.5 Приготовление газообразного топлива из отходов**

Цель. Приготовление газообразного топлива из жидких или твердых отходов.

Принцип действия. Существует два способа производства такого топлива из отходов:

- газификация отходов при высоких температурах за счет частичного окисления, а затем конверсии материалов, содержащих углерод, в синтез-газ (в основном  $H_2$  и  $CO$ );
- производство биогаза (в основном метана) с помощью анаэробного сбраживания отходов (охвачено в рамках биологической обработки).

Потоки поступающего сырья и продуктов. Отработанные масла могут подаваться отдельно или в сочетании с другим сырьем на установки газификации для конверсии материалов, содержащих углерод, в синтез газ ( $H_2$  и  $CO$ ). Этот процесс может также использовать смешанные отходы, которые нельзя экономически обоснованно разделить; например, масла и пластик, которые могут находиться вместе, когда отработанное масло возвращается в своем исходном контейнере.

Описание процесса. См. BREF нефте- и газоперерабатывающие заводы и сжигание отходов.

Применение. Технология газификации успешно используется во всем мире в течение долгого времени для повторного использования отработанных масел, а также других типов отходов. Известно более 100 таких установок. Данная технология обычно применяется, если на объекте используется газообразное топливо. В местечке Greve (неподалеку от Флоренции, Италия) газификатор работает с использованием гранул RDF из Флоренции. Здесь используется газообразное топливо для двух целей. Первая цель состоит в производстве электроэнергии с использованием котла, работающего на газообразном топливе, и передаче ее в энергосистему. Вторая цель состоит в поставке газа в цементную печь, расположенную вблизи газификатора. Синтез-газ может использоваться также для производства метанола.

### **1.2.6. Технологии контроля и снижения негативных воздействий на окружающую среду**

В секторе обращения с отходами имеется много способов, используемых для контроля и очистки выбросов в атмосферный воздух, сбросов в воду и на почву. Все они являются важными для этого документа. Описание многих из этих способов можно найти в BREF в Главе 4 этого документа (Разделы 4.6-4.8), а также в других BREF (сжигание отходов). Эти способы не описаны в этом разделе, поскольку это обычные способы, которые можно рассмотреть при определении BAT, и, следовательно, они будут описаны и проанализированы в Главе 4.

# 2 Наилучшие доступные технологии для обращения с отходами. Потребление и воздействие

## 2.1 Уровни потребления ресурсов и негативного воздействия

В этой части представлена информация об уровнях потребления ресурсов и негативного воздействия (далее - уровни потребления и воздействия) на существующих объектах (установках) обработки отходов, действительных на момент написания данного документа.

Вследствие того, что в данном документе охвачено много типов и размеров установок для обработки отходов, данные меняются в широких пределах. Цель этой главы состоит в сведении вместе насколько это возможно уровней потребления и воздействия для различных установок в сфере обращения с отходами в целом, а также насколько это возможно, для каждого конкретного процесса/вида деятельности. Приведенные данные должны в большинстве случаев давать возможность делать оценки о характеристиках негативного воздействия (выбросов в воздух, сбросов в воду, образования отходов) от объектов обращения с отходами. Это, в свою очередь, должно оказать помощь компетентным органам при проверке информации, представленной заявителем в заявлении на получение разрешения.

140

### Структура этого раздела сформирована следующим образом:

- пункт 2.1.1: обзор уровней потребления и воздействия от обычных процессов/видов деятельности по обращению с отходами;
- пункты 2.1.2-2.1.5: уровни потребления и воздействия от различных процессов/видов деятельности, охваченных этим документом;
- пункт 2.1.6: уровни потребления и воздействия, связанные со способами, используемыми для подавления негативного воздействия;
- подраздел 2.2: системы мониторинга, обычно применяемые на установках для обращения с отходами.

Пункты 2.1.1-2.1.6 составлены в порядке, установленном выше для того, чтобы облегчить пользование перекрестными ссылками между главами. В дополнение к этому, каждый из этих разделов структурирован таким же образом, следуя логическим шагам потока материалов, т.е. отходы на входе (поступление), потребление ресурсов (на входе), негативные воздействия (на выходе) и поступающие отходы после процесса их обработки (на выходе)

Таблица 2.1 СТРУКТУРА КАЖДОГО РАЗДЕЛА ЧАСТИ 3

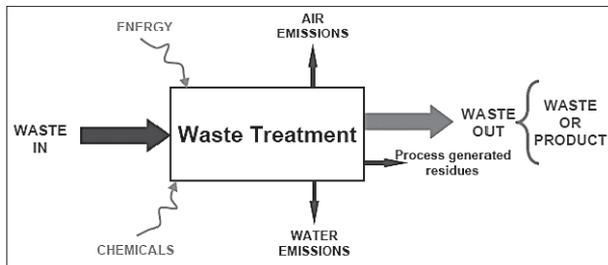
Раздел	Заголовок раздела	Включенная информация
3.X.1	Поступающие отходы	Описание типов отходов, которые могут обрабатываться, а также их физико-химических свойств. Этот раздел является важным, поскольку тип отходов на входе важен для определения негативных воздействий (на выходе).
3.X.2	Потребление ресурсов и реагентов	Потребление материальных и энергетических ресурсов, реагентов (топливо, тепловая и электрическая энергия, вода, воздух, аддитивы, катализаторы, химикаты и пр.)
3.X.3	Негативные воздействия	Сюда включаются образующиеся в результате технологического процесса или относящейся к поступлению отходов выбросы в воздух, сбросы в водные объекты и отходы, непригодные (неподлежащие) к дальнейшему использованию (остаточные отходы)
3.X.4	Целевые отходы (поступающие отходы после процесса их обработки)	Когда выход определенного процесса обработки отходов используется как вход для другого процесса, важно знать физико-химические свойства отходов после процесса их первичной обработки. В некоторых случаях такие подробности не важны, и тогда они опускаются.

X от 1 до 6: 1 Обычные способы; 2 Биологическая обработка; 3 Физико-химическая обработка; 4 Регенерация; 5 Подготовка топлива из отходов; 6 Способы подавления выбросов.

На рис. 2.1 приведена схема материального и энергетического баланса типичной операции/процесса/деятельности по обработке отходов.

Отходы поступают в установку, на которой производится их обработка и получаются конечные продукты (называемые в этом документе целевые отходы). Для изменения физико-химических свойств отходов, поступающих в систему их обработки, и содействия конкретному процессу обработки в данную систему необходимо внести ресурсы и реагенты (например, энергию, воду, воздух, кислоты и т.д.). Операции по обработке отходов приводят к образованию выбросов в воздух, сбросов в воду, а также непригодных для использования отходов и, возможно, к образованию используемых отходов (целевых отходов). Непригодные для использования отходы (например, отработанная известь, кубовые остатки в баках для хранения, осадки), называемые в данном документе - остаточные отходы, отличаются от целевых отходов, хотя оба вида отходов образуются в ходе процесса обработки поступающих отходов. Причина различия между отходами состоит в том, что целевые отходы можно использовать для различных целей, а образующиеся в процессе остаточные отходы обычно повторно не используются.

Рисунок 2.1 СХЕМА МАТЕРИАЛЬНОГО И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАЛАНСА ТИПИЧНОЙ ОПЕРАЦИИ ПО ОБРАБОТКЕ ОТХОДОВ.



Примечание:

Раздел 3.X.1: анализ обрабатываемых отходов, коричневая стрелка;

Раздел 3.X.2: анализ потребления ресурсов и реагентов, оранжевые стрелки;

Раздел 3.X.3: анализ негативных воздействий, голубые стрелки;

Раздел 3.X.4: анализ целевых отходов или продуктов, зеленая стрелка

Пояснения к рисунку:

WASTE IN – поступающие отходы; ENERGY – энергия; CHEMICALS – химикаты (реагенты); AIR EMISSIONS – выбросы в воздух; WASTE TREATMENT – обработка отходов; WATER EMISSIONS – сбросы в воду; Process generated residues – остатки, образующиеся в процессе (остаточные отходы); WASTE OUT – выход отходов; WASTE OR PRODUCT – целевые отходы или продукт

142

Таблиц 2.2 РЕЗЮМЕ ТИПОВЫХ ВЫБРОСОВ В ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ ПРИ ОБРАЩЕНИИ С ОТХОДАМИ

Источник	Выделяемые вещества										
	Частицы	NOx, SOx, HCl	NH3, амины	H2S	HCN	VOC	Запах	Другая органика	Металлы	Взвеш. твердые частицы	ХПК
Обычная деятельность											
Прием (отбор проб/ожидание транспорта)	A, W, L	A	A			A	A				
Перемещение (трубопровод/насосы/клапана)		A	A	A	A	A	A	W, L	W, L	W	W
Хранение твердых веществ (например, извести)	A, W, L										
Хранение в бочках, бестарное хранение жидкостей и емкости для обработки		A	A			A	A	A	W	W	W

Источник	Выделяемые вещества											
Перемещение и хранение отходов	A, W, L						A	A	A	A, W, L	W	W
Загрузка и смешивание емкостей для обработки	A, W, L						A	A	A	A, W, L	W	W
Удаление твердых остатков из емкостей	A, W, L						A	A	A	A, W, L	W	W
Биологическая обработка			A	A			A	A		W	W	W
Физико-химическая												
Осаждение, отстаивание и обезвоживание	W								W	W	W	W
Нейтрализация кислоты		A	A(1)	A			A(2)	A(2)	A(2) W	W		W
Нейтрализация щелочи			A					A	W	W		W
Нейтрализация хромовой кислоты										W		
Переработка цианидов					A			A				
Стабилизация	A, W, L		A				A	A			W	W
Переработка отработанных масел							A	A	A			W

Примечания: (1) Существует особая проблема с переработкой серной кислоты, которая используется для очистки от выбросов аминов. (2) Обычная переработка кислых отходов, загрязненных растворителями

Пояснения: (A) в воздух; (W) в воду; (L) на землю.

Для того, чтобы дополнить информацию по уровням потребления и воздействию на установках по обращению с отходами, представленную TWG, по был подготовлен вопросник и направлен членам TWG (см. Приложение II). Затем он был направлен членами TWG на объекты по обращению с отходами по всей Европе. В результате было получено более 70 "заполненных" вопросников в EIRPCB (Европейское управление комплексного предотвращения и контроля загрязнений). Данные, полученные из этого обследования, представлены в этой главе, и на них дается ссылка [66, TWG, 2003]. В обобщенном анализе обследования не идентифицированы названия, компании или конкретные цифры или

даже индивидуальные комментарии от любой конкретной компании. Таким образом, данные использовались таким образом, чтобы сохранялась конфиденциальность поставщиков информации, и чтобы не был идентифицирован любой конкретный источник негативного воздействия.

### **2.1.1. Уровни потребления и воздействия при обычных процессах обработки отходов**

В этом разделе содержится информация об уровнях потребления и воздействия от процессов обработки отходов, описанных в разделе 2.1. Он охватывает объекты (установки), на которых осуществляется перемещение, размещение и хранение отходов.

#### **2.1.1.1. Поступающие отходы**

Тип отходов, которые могут быть вовлечены в процессы обычной обработки, очень широк, в особенности для опасных отходов. В табл. 3.3 приведены процентные доли объектов, на которых обрабатываются определенные типы отходов на перегрузочных станциях для опасных отходов в Соединенном Королевстве. Перегрузочные станции для неопасных отходов охватывают муниципальные твердые отходы и т.д.

144

**Таблица 2.3 ОБЫЧНЫЕ ПОТОКИ ОТХОДОВ, ПЕРЕРАБАТЫВАЕМЫХ НА ПЕРЕГРУЗОЧНЫХ СТАНЦИЯХ ДЛЯ ОПАСНЫХ ОТХОДОВ В СОЕДИНЕННОМ КОРОЛЕВСТВЕ**

<b>Потоки отходов</b>	<b>% объектов для обработки каждого потока отходов</b>
Нехлорированные растворители	67
Металлический лом	53
Металлический лом (бочки)	47
Хлорированные растворители	40
Обычные неорганические жидкости/растворители	40
Обычная органика	40
Отходы для сжигания	40
Загрязненные отходы для захоронения	40
Бочки/IBS	33
Неопасные отходы для захоронения	33
Масла	33
Батарейки	33
Асбест	13
Флуоресцентные лампы	7
Масляные фильтры	7
Водомасляные смеси	
Кислоты и щелочи	

Некоторые примеры поступающих отходов для некоторых обычных способов сообщаются ниже:

Многоярусные места хранения опасных отходов с компьютерным контролем - обрабатывается более 600 различных типов отходов (жидкие, пастообразные и твердые опасные отходы).

Обработка небольших количеств - сюда обычно включают обработку, сортировку и упаковку опасных отходов от частных домовладений, университетов, лабораторий, торгово-промышленных предприятий и других клиентов.

Измельчение - этот вид обработки используется для опасных и неопасных отходов. Обрабатываемые отходы являются твердыми и пастообразными, не поддающимися перекачиванию (типографские осадки, осадки масел и осадки от механической обработки).

### 2.1.1.2 Потребление ресурсов и реагентов

Хотя ряд участков работает полностью за счет потребления электроэнергии, имеется некоторое количество мобильных или стационарных установок, которые потребляют дизельное или котельное топливо, или же имеют собственные электростанции, которые работают на газе (природном или биогазе) или газойле. Некоторое оборудование обычного типа, в котором используются ископаемые топлива, это вильчатые автопогрузчики, небольшие котлы, шредеры и мельницы. Для такого оборудования используется стандартное дизельное топливо и ряд видов котельного топлива. Некоторые установки для обращения с отходами в Соединенном Королевстве определяют количество используемого ими топлива в 200 тонн/год. Доля используемого сырья (т.е. покупных реагентов) на таких установках относительно низкая. Основные виды потребляемых реагентов указаны в табл. A2.4.

Таблица 2.4 ПРимеры обычно используемого сырья при обработке отходов

Сырье	Применение	Основные экологические характеристики
Гидроксид кальция (известь)	Обычно покупается в порошкообразной форме для кислотной обработки	• опасные вещества • трудный в обращении порошок • производятся большие объемы осадков • например, переработка серной кислоты приводит к большому нетто образованию осадка сульфата кальция
Раствор гидроксида натрия (едкого натра)	Реагент для подавления выбросов, обычно используемый в системах мокрой газоочистки для контроля кислых газов и в качестве скрубберной жидкости при переработке масел	• опасные вещества • могут быть обнаружены очень низкие уровни ртути в некоторых сортах едкого натра, и они могут переходить в сток с установки (см. Раздел 4.1.3.5)
Раствор хлорида железа	Добавка для облегчения осаждения металлов и использование в качестве модификатора для образования осадка (содействие образованию хлопьев)	• интенсивная окраска в случае проливов или чрезвычайных происшествий
Гипохлорит натрия	Используется при переработке и подавлении выбросов при газоочистке цианидных отходов и контроле запаха	• сильный окислительный агент • хранение отдельно от потенциально несовместимых веществ
Деземальгатор	Используется для "разрушения" эмульгированных смесей отработанных масел в процессах утилизации масел	• риск высокой потребности в кислороде, если происходит сброс в воду в случае аварии

### 2.1.1.3 Негативные воздействия при обычных видах переработки

При следовании той же самой структуре, что и в разделе 2.1, обсуждены некоторые индивидуальные разделы в отношении общих видов обработки. В конце в табличной форме охвачены другие виды общих видов обработки, не описанные ранее.

**Энергетические системы.** Основным видом негативного воздействия энергетических систем являются выбросы загрязняющих веществ в воздух, образующиеся при сжигании топлив. Также, вследствие проливов и утечек возможно загрязнение земель. В воздушных выбросах преобладают CO<sub>2</sub> (диоксид углерода) и вода от процесса сжигания, но могут быть также NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, PM<sub>10</sub>, PAH, VOC (летучие органические соединения) и CO (монооксид углерода). Выбросы связаны с техническими характеристиками топлива, а также возрастом и типом используемого оборудования (например, транспортные средства, двигатели на биогазе). Другие загрязняющие вещества, которые могут образовываться при сжигании - это галогены (например, HCl и HF. Они образуются, когда в качестве топлива на установке используются отходы) и металлы.

В следующей таблице предложен набор данных, которые можно использовать для оценки выбросов. Данные были собраны для трех типов источников:

- линейные источники, включая шоссе и железные дороги (г/км)
- распределенные источники, включая выбросы с сельскохозяйственных и других земель и выбросы низкой интенсивности от таких источников, как системы отопления зданий
- точечные источники, включая выбросы с промышленных установок.

Виды и концентрации загрязняющих веществ зависят от типа топлива, используемого для сжигания в энергетической системе (например, в печах, котлах, камере дожигания).

**Таблица 2.5 РЕЗЮМЕ ДАННЫХ ДЛЯ НЕБОЛЬШИХ КОТЛОВ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХ ДИСТИЛЛЯТ (ГАЗ), ОСТАТОЧНЫЕ НЕФТЕПРОДУКТЫ (КОТЕЛЬНОЕ ТОПЛИВО 5,6), ИЛИ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ**

	Тип топлива		
	Дистиллят	Остаточные нефтепродукты	Дизельное топливо
<i>Выбросы в воздух</i>			
CO <sub>2</sub> <sup>1</sup>	3142	3112	3036-3142
PM			2,564
PM <sub>10</sub> <sup>1</sup>	0,2	2,85	2,83
NO <sub>x</sub> <sup>1</sup>	3,46	7,54	33,9-48,8
N <sub>2</sub> O			0,041-1,3
CH <sub>4</sub>			0,17-0,336
NM-VOC <sup>1</sup>	0,09	0,12	7,08-10,898
CO <sup>1</sup>	0,06	0,5	15,8-26,548
SO <sub>2</sub> <sup>1</sup>	3,6	47,4	0,8-10,106

	Тип топлива		
	Дистиллят	Остаточные нефтепродукты	Дизельное топливо
SOx	19,56 × S <sup>2</sup>	20,42 × S <sup>2</sup>	
PAH@ (r)	0,15	0,151	4,07
Ni (r)	Очень малое	1,1	
Cu (r)			1,7
Zn (r)			1
HCl			0,038
HF			0,038
<i>Сбросы в воду</i>			
БПК			0,038
ХПК			0,038
Взвешенные твердые			0,038
ТОС			0,415
Фенол			0,038
Общие металлы			0,038
Cl			0,038
F			0,038

Единицы: кг (если не указано иначе) на тонну топлива

<sup>1</sup> Данные поставлены из Базы данных коэффициентов выбросов Соединенного Королевства; газойль (другие источники) и котельное топливо (другие источники), из Национального кадастра выбросов загрязняющих веществ Австралии (конвертированных из кг выбросов на м<sup>3</sup> топлива) и Европейского агентства окружающей среды

<sup>2</sup> S в % серы в топливе

@ как бенз-а-пирен

Хранение и перемещение. Основными видами выбросов от хранения и перемещения отходов являются выбросы летучих органических соединений и пыль. Именно с пылью связаны основные проблемы, возникающие при перемещении отходов на участках перегрузки и обработки. Основными выбросами, возникающими при перемещении и наполнении емкостей, являются в большинстве случаев выбросы летучих органических соединений. Также имеют место быть выбросы из трубопроводов и насосных систем.

Большая часть летучих выбросов в воздух происходит от транспортирования, хранения и накопления органических отходов, главным образом отходов растворителей. Сходные выбросы ожидаются также от перемещения отходов аммиака и от отходов концентрированных кислот.

Выбросы в воздух от процессов декантирования и накопления можно рассматривать как недобросовестную практику.

Ниже приведенные примеры недобросовестной практики, нехарактерные для большинства участков обработки отходов:

- крышки на приемных контейнерах могут быть открыты в течение рабочего дня и становиться причиной непрерывных выбросов летучих компонентов;

- размещение на полигоне емкостей (бочек или баллонов), в которых находится значительное количество отходов растворителей. Такая практика в действительности не соответствует Полигонной директиве. Когда на участках приходится иметь дело с большим количеством растворителей, можно использовать системы для дробления бочек со сжатием и сбором дополнительных отходов растворителей из бочек

- перемещение отходов растворителей с низкой точкой кипения из цистерн в баки для хранения. Самое слабое место, и, следовательно, основной источник проливов при перемещении из транспортного средства на хранение связан с перекачивающими рукавами.

- потери объема вследствие поврежденных шлангов.

- ручное перемещение материалов из небольших контейнеров в 205-литровые бочки и IBS. Обычно при таком перемещении не контролируются выбросы, и это обычная практика для опорожнения контейнеров (содержащих, возможно, 1%, или до 0,5 л, от начального содержания) с выбросом в воздух перед депонированием. Такая практика действительно не находится в соответствии с Полигонной директивой.

В отношении мониторинга и других видов деятельности на участке стоит отметить, что:

- на большинстве участков имеется мало или нет данных мониторинга для расчета выбросов в воздух, и необходим определенного вида метод грубой оценки для связи потенциала выбросов в воздух с количеством цистерн или контейнеров, опорожняемых или заполняемых на участке;

- для сбросов в канализацию или поверхностные воды характерна тенденция иметь ограниченные данные мониторинга, а также действительные сбросы минимизируются рабочей практикой на участках, такой как обваловка;

- на перегрузочных станциях также характерны такие приемы работы, которые могут стать источником выбросов. Сюда можно включить испарение растворителей в воздух при очистке баков в режиме протирания и от осадков растворителей.

Диапазон выбросов очень значительный и зависит от типа деятельности (например, особенно примечательны различия между установками для физико-химической обработки и установками для переработки масел). Каждое перемещение отходов и обработка исходного контейнера может приводить к выбросам жидкостей и паров. Некоторыми воздействиями, появляющимися при такой деятельности, являются:

- отстой в емкости/контейнере для хранения;

- выбросы в воздух, образующиеся при заполнении/разгрузке емкостей/цистерн вследствие переноса в воздух (отметим: некоторые перегрузочные станции оснащены очень хорошими системами для выравнивания выбросов из цистерн и контроля сбросов из них);

- выбросы от испарения в течение декантирования (например, летучих органических соединений) и наполнения, а также от испарения от отходов, остающихся в контейнерах;

- обычные проливы в течение декантирования и управления. Проливы обычно остаются на обвалованном участке или сбрасываются в отводной коллектор;
- выбросы в воздух, образующиеся от протирачного материала, пропитанного растворителями. На некоторых установках производится сбор такого материала в облицованный бункер, где он перед депонированием сушится за счет испарения. Это рассматривается как недобросовестная экологическая практика;
- выброса в атмосферу летучих органических соединений, возникающие при опорожнении или промывке бочек;
- выбросы, вызываемые наполнением небольшого лабораторного оборудования. Выбросы обычно происходят только в случае проливов и редко регистрируются на участке.
- проливы и выбросы из-за применения плохих контейнеров в современной практике встречаются редко, тем не менее возможно случайное разрушение контейнеров с отходами;
- в ряде случаев, вследствие утечек из баков, происходящих на открытом обвалованном участке с твердым покрытием, весь обвалованный участок может стать очень загрязненным. Дождевая вода на обвалованном участке также загрязняется. На некоторых участках не имеется условий для контроля выбросов в воздух из баков в течение загрузки и выгрузки; на других имеются очень хорошие системы контроля, как для баков, так и для цистерн. Выбросы в воздух контролируются не так хорошо. Выбросы в воздух происходят в течение загрузки бака или вследствие изменений атмосферных условий. Небольшие выбросы могут происходить также при отборе проб и инспекциях. Имеется возможность однократных крупных выбросов в течение очистки бака;
- не испаряющиеся жидкости и твердые вещества, которые могут завершить свой срок службы на полигоне или быть спущены в канализацию
- неконтролируемые выбросы в атмосферный воздух от операций перемещения между процессами, особенно для систем без нагнетания. Имеются также утечки с контейнеров и от клапанов сброса давления;
- воздействия от твердых/жидких и газообразных веществ вследствие возможной поломки контейнеров при обращении (случайное повреждение) в зависимости от материала отходов. Поскольку об авариях сообщается в журнале работ на участке, выбросы можно оценить, когда материал известен;
- в случае хранения отработанных масел выбросы в воздух происходят от конденсаторов в баках для хранения горячего масла. Для баков хранения проводятся измерения выбросов углеводородов с использованием трубок Дрегера. Типичные выбросы могут составлять от 10 до 20 мг/нм<sup>3</sup> с пиковыми значениями до 100 мг/нм<sup>3</sup>
- исследования микробиологического загрязнения отходов сортировочных установок выявили концентрации плесневых грибов в воздухе на рабочем месте до 106 cfu/м<sup>3</sup> (колониеобразующих единиц).

В дополнение к приведенной выше информации в табл. 3.6 показаны потенциальные выбросы от перегрузочных станций, процессов наполнения и хранения.

Таблица 2.6 ПИОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ВЫБРОСЫ ОТ ПЕРЕГРУЗОЧНЫХ СТАНЦИЙ, ПРОЦЕССОВ НАПОЛНЕНИЯ И ХРАНЕНИЯ

Деятельность	Описание выбросов <sup>1</sup>	Тип выбросов	Негативные воздействия на
Заполнение емкостей для незатаренных материалов или ИВС (среднетоннажных контейнеров) из автоцистерн	Вытесненный воздух	VOC	воздух
		VOC	воздух
	Потери от перемещения	Жидкие	почву
		Жидкие	воду
Хранение в наливных баках	Удаляемый материал	VOC	воздух
	Донные остатки	Отходы	
Выбросы из трубопроводов и насосных систем	Все потери	VOC	воздух
		Жидкие	воду
		Жидкие	почву
Опорожнение бочек под действием силы тяжести или с помощью вакуума, ИВС и других контейнеров в наливные баки	Вытесненный воздух	VOC	воздух
		VOC	воздух
	Потери от перемещения	Жидкие	почву
		Жидкие	воду
Хранение и управление порожними ИВС	Промывка	VOC	воздух
	Хранение	Жидкие	почву
	Размещение	Жидкие	воду
Хранение и управление порожними бочками и другими подобными контейнерами	Дробление	VOC	воздух
		жидкие/ твердые	воду
		жидкие/ твердые	почву
	Промывка	жидкие/ твердые	воду
	Размещение	жидкие/ твердые	полигон
	Хранение	VOC	воздух
Управление оборудованием	Очистка бака/промывка	жидкие/ твердые	почву
		жидкие/ твердые	воду
		VOC	воздух
Плановое испарение летучих жидкостей	Испарение	VOC	воздух

<sup>1</sup> Широкий диапазон возможных выбросов в воздух и сбросов в канализацию/контролируемые водные объекты следует оценивать в отношении диапазона видов деятельности и отходов, управляемых на конкретном участке.

Выбросы от некоторых других общих видов обработки отходов. В табл. А2.7 дано резюме наиболее распространенных видов деятельности/оборудования, используемых в общих процессах обработки отходов, и негативных воздействий, которые могут возникать.

**Таблица 2.7 ВИДЫ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ/ОБОРУДОВАНИЯ, КОТОРЫЕ МОГУТ ПРИВЕСТИ К НЕГАТИВНЫМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ ПРИ НЕКОТОРЫХ ОБЩИХ ВИДАХ ОБРАБОТКИ ОТХОДОВ**

Вид деятельности/оборудование	Соединения, обнаруженные в процессах обработки отходов, которые могут привести к негативным воздействиям
Колонка для отгонки воздухом	Может вызвать выброс аммиака в воздух, который можно рассчитать с помощью массового баланса
Очистка отходов или водных органических отходов химической промышленности	В них может содержаться ряд летучих соединений, хлорированных и фенольных соединений. Твердые и илистые остатки, образующиеся в течение очистки и размещения отходов. При необходимости отходы кондиционируются в соответствии с критериями приема на объекте для размещения отходов
Дробление масляных фильтров	Отходы, содержащиеся в масляных фильтрах, это твердые частицы, включая продукты сгорания, в том числе РАН/металлические фрагменты и т.д., "застрявшие" вместе с маслами. Для твердых частиц после этих операций характерна тенденция переходить в систему разделения масла и воды на установках для переработки и оставаться с донным осадком. РАН выбрасываются в воздух с масляным туманом, образующимся при дроблении, или могут оставаться в масле, либо на твердых компонентах фильтра. Выбросы РАН в воздух являются потенциально канцерогенными.
Резка	В течение операции резки то, что содержалось в бочке, и любые остатки, которые все еще могут находиться, могут стать причиной выбросов
Промывка контейнеров и транспортных средств	Неорганизованные выбросы в воздух и сбросы в воду. Обычно также образуются и загрязненные стоки
Дробление и измельчение	Независимо от применяемого способа обычно не бывает условий для контроля качества окружающей среды, и негативные воздействия зависят от состава отходов, находящихся в бочке. В процессе измельчения температура измельчаемых частей может достигать нескольких сот градусов. Измельчение будет вызывать выбросы в воздух, в зависимости от эффективности скруббера или другого вида оборудования для очистки воздуха. Жидкости, все еще находящиеся в отходах (например, растворители, ртуть), могут выделяться внутри установки и могут либо испаряться, или протекать в почву, или же могут собираться как осадок. Пыль от установки будет распространяться в окружающей среде. Другие отходы от установки измельчения включают в себя магнитные металлические фракции, немагнитные металлические фракции, осадок от процесса промывки, а также фракцию ворсинок, которая представляет собой смесь пластмасс, изоляционных материалов, бумаги, почвы и т.д. Фракция ворсинок может удаляться для сжигания, но иногда отправляется на полигон (не считается добросовестной практикой). Значительное количество тяжелых металлов сопровождает фракцию ворсинок. В середине 1990-х годов на датских установках для измельчения было переработано около 300 тыс. т отходов. По оценкам, в образующихся ворсинках содержалось около 0,15 т ртути, 200-1000 т свинца и 0,5-2,5 т кадмия. Выбросы ртути в воздух от операций оценивались на уровне <0,05 т
Очистка бочек и автоцистерн	Операции очистки, которые характерны для очистки бочек, в которых ранее содержались растворители и отходы масел, могут сопровождаться выделением большой доли отходов в воздух, так как отходы растворителей иногда выбрасываются в воздух, и в некоторых местах в течение процесса очистки. Это представляется сходной проблемой с испарением растворителей в воздух в течение декантирования на некоторых перегрузочных станциях. Наличие любого предыдущего содержимого или любых остатков в бочках может привести к выбросам в течение операций очистки/промывки. По оценкам, на участке переработки бочек, загрязненных маслами и органическими материалами, происходит 40 т/год выбросов растворителей в воздух. Часть этих выбросов связана со стандартной практикой перегрузочных станций вентиляции "порожних" бочек в воздух. Участок рециклинга бочек неорганического сектора имел высокие уровни металлов при сбросе в канализацию, но была возможность расчета сброса с помощью регулярных анализов. На большинстве установок для переработки установлено оборудование для промывки, которое дает возможность удаления остатков из автоцистерн. В некоторых случаях пары могут улавливаться в осадках, и необходимо предпринимать соответствующие действия для того, чтобы избежать неконтролируемых выбросов

Таблица 2.8 ОТРАБОТАННЫЙ ВОЗДУХ ОТ ОПЕРАЦИИ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ТВЕРДЫХ ОПАСНЫХ ОТХОДОВ

Параметр	Концентрация	Единица
Пыль	0,1	мг/нм <sup>3</sup>
SO <sub>2</sub>	<0,06	мг/нм <sup>3</sup>
NO <sub>x</sub>	8	мг/нм <sup>3</sup>
ТОС	5	мг/нм <sup>3</sup>
CO	4	мг/нм <sup>3</sup>
HCl	13,8	мг/нм <sup>3</sup>
PCDD/PCDF	0,001	нгТЭК/нм <sup>3</sup>
Запах	85	GE/м <sup>3</sup>
Cl	<0,1	мг/нм <sup>3</sup>

Расходы отработанного воздуха составили 8028000 и 5628000 м<sup>3</sup>/год для шредера банок и для шредера бункеров, соответственно.

Негативные воздействия, связанные с авариями. Наиболее значительные экологические риски при операциях по обработке отходов связаны с хранением опасных отходов. Это могут быть воздействия, которые являются результатами реакций отходов друг с другом, либо воздействия при утечках и проливах, либо от процессов обработки, выходящих из-под контроля.

Таблица 2.9 ПРИМЕР НАИБОЛЕЕ ЧАСТЫХ АВАРИЙ, КОТОРЫЕ МОГУТ ПРОИСХОДИТЬ НА УСТАНОВКАХ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ОТХОДОВ

Процедура	Опасность	Опасное событие	Причина/возможное иницирующее событие
Отбор проб/анализ	Токсичные пары	Химический аэрозоль. Выброс. Пролит химических веществ	Контейнер под давлением. Перемещение от емкости для отбора проб и удаление пробы (кернаотборник). Отходы не ожидаются
	Пожар	Воспламенение легковоспламеняющихся материалов	Легковоспламеняющиеся пары в месте отбора проб
Обычное управление/переработка	Токсичные газы	Смешивание несовместимых отходов	Неадекватная/неправильная информация об отходах
		Пролит отходов	Оператор не работает в соответствии с правилами безопасности. Не установлены процедуры безопасной работы. Неадекватное инженерное оборудование. Неадекватный контроль. Аварийный выброс
Управление/хранение бочек	Непосредственный химический контакт	Выброс	Содержимое под давлением
	Токсичные газы. Пыль	Проливы	Содержимое разделяется в течение опорожнения/декантирования. Коррозия/утечка бочки. Ручное удаление содержимого
	Реакция. Токсичные газы	Смешение несовместимых отходов	Проливы/коррозия бочек, увеличение объема бочки. Отходы не соответствуют маркировке. Отходы неадекватно проанализированы

Процедура	Опасность	Опасное событие	Причина/возможное инициирующее событие
Управление/хранение бочек	Пожар/взрыв	Воспламенение легковоспламеняющихся материалов	Неожиданное наличие легковоспламеняемых материалов. Искра при снятии крышки/легковоспламеняющегося свободного пространства. Использование режущего инструмента для открытой бочки. При пожаре образуются токсичные продукты разрушения
Разгрузка автоцистерн	Токсичные газы	Капельножидкие выделения и аэрозоли	Смешивание несовместимых/реагирующих отходов. Контейнер под давлением/выброс. Разгрузка в неправильный контейнер для хранения. Материалы отходов принимаются "горячими" из-за вязкости – трудности отвердевания/загущения. Серьезное повреждение автоцистерны. Воздействие транспортного средства. Пролив на соединительный фланец/разъединение, повреждение соединения
	Пожар/взрыв	Воспламенение легковоспламеняющихся материалов	Легковоспламеняемая атмосфера в "опорожненной автоцистерне"
Хранение отходов в резервуарном парке	Пожар/взрыв	Воспламенение легковоспламеняющейся жидкости или паров	Выделение легковоспламеняющихся паров. Выделение паров при проливах. Повреждение трубопроводов. Легковоспламеняющиеся пары в свободном пространстве автоцистерны
	Реакция	Смешение несовместимых отходов	Реагирование отходов в трубопроводе емкости для хранения или повреждение конвейера
	Токсичные газы	Смешение несовместимых или реагирующих отходов при хранении или пролив реагентов	Неадекватная информация об отходах. Отходы не соответствуют техническим характеристикам процесса
Выброс значительных уровней токсичных газов/дыма		Неадекватная вентиляция баков и т.д. Ненадлежащая практика обращения с материалами	
Физико-химическая обработка	Токсичные газы	Неконтролируемое выделение в течение реакции	Авария защитных систем. Смешение несовместимых отходов. Добавка неправильного реагента. Слишком большая/слишком малая добавка реагента. Нарушение контроля pH
Обезвоживание стока от физико-химической обработки	Токсичные газы	Смешение несовместимых стоков	Реакция неполная. Остаточное загрязнение стоков
Биологическая обработка		Пожар	Процессы биологического разрушения могут вызывать самонагрев и самовоспламенение. Это не только оказывает воздействие на систему биологической обработки. Самовоспламенение может происходить также в автоцистерне. В некоторых случаях могут вспыхнуть пожары в зоне хранения продукции. Второй причиной пожаров на установках для переработки топлива из твердых отходов являются частицы, которые все еще раскалены

Характерные выбросы в воздух от общих видов обработки отходов Летучие органические соединения (VOC). Не имеется реальных данных в настоящее время о выбросах летучих органических соединений. На значительном количестве участков, на которых проводится мониторинг воздуха, он проводится нерегулярно и маловероятно, что отбирается проба во время максимальных выбросов. Выбросы в воздух особенно трудно контролировать на этих участках, так как операции обычно проводятся на открытом воздухе, и газы не всегда контролируются. Выбросы летучих органических соединений на участке могут быть следствием того, что:

- преднамеренная технологическая деятельность на некоторых участках проводится для того, чтобы снизить пожароопасность отходов, направляемых на полигон. Количества могут быть очень небольшими на единицу отходов, но деятельность проводится на большом количестве участков и аккумулирующий эффект может быть очень большим. Такая практика не является обычной в секторе и рассматривается как недобросовестная практика, так что она в настоящее время устарела;

- перемешивание или нагрев смешанных материалов приводит к осаждению при контакте с атмосферой. Баки для обработки масел являются одним очевидным примером, но баки для химической обработки или баки для смешения осадков также являются источниками;

154

- выбросы полулетучих РАН от операций дробления и грохочения, в особенности от обращения с масляными фильтрами на перегрузочных станциях;

- перемещение жидкостей в наливные контейнеры, с последующим движением в свободном пространстве над продуктом;

- продувка остатков в исходных контейнерах для хранения, а также в баках для хранения, в ответ на изменения температуры окружающего воздуха.

Имеются примеры установок в секторе обращения с отходами с отсутствием контроля выбросов летучих органических соединений в воздух.

Кислые выбросы. Наиболее серьезные выбросы в воздух, вероятно, возникают при перемещении растворителей и деятельности, связанной с их хранением, но они могут также появляться от таких химических веществ, как концентрированные кислоты и аммиак.

Выбросы аммиака. Аммиак обнаружен на некоторых участках обращения с отходами. Имеется общая проблема с выбросами аммиака. Однако его обычно легко определять при посещениях участка оператором вследствие низких пороговых концентраций для определения запаха, хотя это труднее определить количественно. Местами, где обнаруживаются выбросы аммиака, являются:

- перемещение и хранение растворителей;

- прессование и хранение осадков стоков на некоторых установках для химической обработки. Это место, которое редко оснащается системой выбросов для участка, и, поэтому, выбросы не проходят через скрубберы;

- концентрированные аммиачные растворы, выбрасываемые непосредственно в воздух после отгонки аммиака воздухом на одном участке, хотя монито-

ринг участка (проводится мониторинг только раз в год) говорит о том, что фоновые уровни в атмосфере минимальны;

- установки для очистки стоков;
- кислотная обработка отработанных масел;
- отходы от фотопромышленности являются примером потока отходов с высокой концентрацией аммонийных солей, и, хотя выбросы в воздух не идентифицированы, это потенциальная проблема в течение процессов перемещения, приводящая к росту выбросов в воздух и к потенциальному загрязнению водных сбросов.

Неконтролируемые и диффузные выбросы. На многих установках неконтролируемые и диффузные выбросы могут быть более значительными, чем выбросы от точечного источника или канализованные выбросы. Обычными примерами источников являются:

- открытые емкости (например, установка для очистки стоков);
- деятельность по отбору проб;
- места хранения (например, помещения, склады, пруды-накопители и т.д.);
- контейнеры для загрузки и разгрузки;
- перемещение/накопление материалов из одной емкости в другую;
- конвейерные системы;
- системы трубопроводов и воздухопроводов (например, насосы, клапаны, фланцы, сепараторы, канализация, смотровые люки и т.д.);
- ненадлежащая герметичность зданий и удаление;
- потенциальный байпас оборудования для подавления выбросов (в воздух и воду);
- проливы;
- случайное нарушение герметичности вследствие нарушений работы установки и оборудования;
- автоцистерны и емкости, люки кабельного колодца и другие места доступа;
- вытеснение паров в приемных баках;
- очистка или замена фильтров;
- резка бочек;
- хранение сточных вод;
- хранение бочек;
- очистка баков;
- промывка/очистка баков.

Выбросы твердых частиц. На участках, где происходит обращение с порошками и отходами, происходит образование пыли (например, летучей золы) и часто твердые частицы выбрасываются в воздух.

Шум и вибрация. “Шум” относится к “шуму и вибрации”, обычно определяемым за пределами границ участка.

Воздействие запахов. Для выбросов в воздух характерно то, что они проверяются субъективно при использовании чувства обоняния. Воздействие

запахов связано с точечными источниками. В дополнение к ранее обсуждавшемуся аммиаку, обращение с любым веществом, в котором содержатся или могут содержаться летучие органические вещества (или другие пахучие вещества, например, меркаптаны или другие соединения, содержащие серу), будет приводить к заметным запахам за пределами границ установки. Запахи могут появляться от:

- хранения;
- перемещения или наполнения отходов, содержащих летучие органические соединения или другие пахучие вещества;
- неадекватное проведение проверки и обслуживание установки/оборудования, что может приводить к неорганизованным выбросам, например, утечкам от насосов.

Характерные сбросы в водные объекты от общих видов обработки отходов.

Можно сделать различие между установками, на которых проводятся "сухие" операции или операции в твердой фазе, например, перемещение или стабилизация, при которых не образуется заметных стоков жидкостей; и теми, когда проводится обработка в жидкой фазе, например, кислотная нейтрализация и разделение масла от воды.

"Сухие" процессы обычно связаны только с образованием стоков от такой деятельности, как сбор дождевой воды, и они включают в себя такие явления как проливы и утечки. Вообще говоря, значимость этих стоков с точки зрения уровней металлов и ХПК будет относительно низкой. "Мокрые" процессы в дополнение к обычным стокам, образующимся от канализации участка и т.д., связаны с образованием стоков вследствие реакции, процессов осаждения, осветления и обезвоживания.

Сточные воды могут образовываться на установках вследствие:

- неплановых сбросов в канализацию;
- проливов при хранении;
- сбросов в ливневые стоки;
- сбросов с обваловки и вторичной защитной обваловки;
- промышленных сточных вод (каждый случай охвачен в Разделах 3.2-3.5).

Многие перегрузочные станции связаны с соседними установками для обработки сточных вод. На других станциях происходит сбор стоков, и автоцистерны направляют их на полигон. И тогда снова нет сбросов в принимающие водные объекты или канализацию. На остающихся установках сброс происходит либо в поверхностные воды (необычный вариант), либо в канализацию. В большинстве стран ЕС не разрешается осуществлять непосредственные сбросы в канализацию или в контролируемые водные объекты. Тогда необходим сброс с соблюдением особых мер безопасности для того, чтобы контролировать или очищать сточные воды перед сбросом. Некоторые типичные сбросы подытожены в табл. А2.10.

Таблица 2.10 СБРОСЫ В ВОДУ С ТОЧЕЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Сбросы в	Типовой процесс или деятельность
Канализацию	Физико-химическая переработка. Конечные стоки от кислотной/щелочной нейтрализации и осаждения металлов
	Переработка масел. Очистка стоков для удаления масел из конденсата и канализации участка
	Очистка
Водоемы	Сбор дождевой воды
	Канализация участка

В принципе, всегда должны быть небольшие количества любого материала, сливаемого с участка и сбрасываемого в канализацию вследствие просачивания и разбрызгивания даже, если проливы не регистрируются. Большинство обычных материалов, накапливаемых на перегрузочных станциях, это разбавленные кислоты (часто после обработки металлов), каустические растворы, масла, не галогенированные растворители и водные органические отходы. В сбросах почти определенно содержатся органический углерод, соединения азота (общий азот), хлориды, некоторые металлы, а когда накапливаются не галогенированные растворители, ксилол. Сбросы в канализацию могут достигать уровней ХПК в несколько тысяч мг на литр. Природа сбросов зависит от отходов, с которыми приходится иметь дело на установках.

Сбросы в водные объекты часто происходят при промывке контейнеров и баков на установках для обращения с отходами. Жидкие сбросы могут появляться при промывке и очистке контейнеров перед их обработкой или при промывке автоцистерн. Один подход к оценке этих выбросов состоит в предположении того, что остаточный материал в контейнерах любого вида после опорожнения составляет 0,5% от объема и что весь этот материал смывается в канализацию. В общем, летучие остатки от контейнеров с отходами растворителей испаряются непосредственно в воздух, а не смываются в канализацию.

Обычные утечки и проливы могут происходить на мусороперегрузочных станциях. Большинство участков находится на площадках с твердым покрытием, и проливы жидких и твердых веществ в конечном итоге смываются в основные коллекторы сточных вод, а затем в канализацию или на соседнюю установку для обработки стоков.

Характерные сбросы на почву и остаточные отходы, образующиеся от обычных видов обработки отходов. На большинстве участков происходит непрерывный, но небольшой сброс отходов на грунтовое основание участка вследствие просачивания, разбрызгивания, остатков дробления, соединения трубопроводов, утечек масел и т.д., и они могут сбрасываться в пункты сбора поверхностных вод с дождевыми водами и при очистке участка. Еще одним типичным видом отходов при хранении отходов являются донные остатки.

Таблица 2.11 ПРимер общих оцененных выбросов и сбросов от объекта МУСороперегрузки

Операция	Выбросы в воздух (кг/год)	Сбросы в воду (кг/год)
Переупаковка и маркировка лабораторных химикатов	0	0
Поломки/утечки в течение загрузки и хранения	Летучие органические соединения как выбросы опасных химических веществ 20,3	Небольшие количества масел, но они должны собираться еженедельно с мониторингом данных и без двойного учета
Декантирование в ИВС (контейнеры для насыпных грузов международного стандарта)	Дихлорметан 360, Уксусный альдегид 48, Трихлорэтилен 60, Летучие органические соединения как выбросы опасных химических веществ 60, Летучие органические соединения 1320, Ксилол 360	Все виды растворителей Общий азот, Общий фосфор, Хлориды, ТОС (общий органический углерод), Металлы
Перемещение из ИВС в баки для хранения растворителей	Уксусный альдегид 76, Летучие органические соединения 1330, Ксилол 570	Ксилол ТОС
Топливо, используемое для автопогрузчиков (используется 5 и дизельного топлива в год)	CO 79, CO <sub>2</sub> 15710, NM-VOC (неметановые органические летучие соединения) 35,4, NO <sub>2</sub> 244, PM <sub>10</sub> 14,15, SO <sub>2</sub> 4	ТОС
Сбросы в канализации.	0	ТОС 5980, NH <sub>3</sub> -N 14, Cu 0,5, Ni 0,5, Zn 0,5, Масло 150, Ксилол, толуол, TRI, трихлорэтилен, хлор, следовые выбросы фосфора
Общие данные	CO 79, CO <sub>2</sub> 15710, Дихлорметан 360, уксусный альдегид 124, NO <sub>2</sub> 244, PM <sub>10</sub> 14,15, SO <sub>2</sub> 4, TRI 80,3, Трихлорэтилен 60, Летучие органические соединения 2706, Ксилол 930	ТОС 5980, NH <sub>3</sub> -N 14, (предполагается, что нельзя достичь предел для азота), Cu 0,5, Ni 0,5, Zn 0,5, Масло 150, Ксилол, толуол, TRI, трихлорэтилен, хлор, фосфор

158

Общее представление об установке. Упомянутые данные относятся к мусороперегрузочной станции опасных отходов, имеющей герметичное основание. Она имеет зону накопления с отстойниками и крышей. Баки для хранения растворителей находятся в отдельном обвалованном участке с фильтрами из активированного угля на вентиляционных отверстиях. Выбросы вследствие термического поглощения и перемещения свободного пространства при загрузке емкостей для хранения очищаются перед выбросом в воздух. Загрузка, выгрузка в бочки в зоне хранения на участке происходит в открытом состоянии, а сток происходит в коллектор сточных вод, следовательно, в канализацию. Проводится непрерывный мониторинг pH и расхода и раз в неделю мониторинг ХПК, металлов, масел, аммонийного азота и взвешенных твердых частиц в сбросе в канализацию. Упаковочные материалы и контейнеры, загрязненные маслами, направляются на полигон.

На участке приходится иметь дело с широким диапазоном материалов, но главным образом со следующими потоками:

- галогенированными растворителями, содержащими в среднем 80% растворителей, 20% твердых частиц. Из фракции растворителей 10% составляет трихлорэтилен, 10% - 1, 1, 1 трихлорэтан и 60% дихлорметан.
- не галогенированными растворителями, в среднем 70% растворителей, 30% твердых частиц и воды, с растворителями, содержащими 10% толуола, 30% ксилола, 10% ацетона, 20% других растворителей, главным образом MEK (метилэтилкетона), этанола, метанола и алифатических углеводородов C<sub>10</sub>-C<sub>12</sub>

• другими основными потоками отходов, которыми являются разбавленные соляная кислота, серная кислота и фосфорная кислота из металлообработки, растворенные масла, разбавленный едкий натр. Разбавленные растворы аммиака от процессов фотографии, остатки водных красок и этиленгликоль. Все они собираются перед последующим перемещением или хранением.

Образуется 120 тонн отходов, используемых в качестве топлива, и 60 тонн галогенированных материалов в год. На установке происходит обращение со 120 т отходов из ИВС, заполняемых на участке, и еще 260 т отходов, которые загружаются в ИВС.

Негативные воздействия от специальных видов обращения с отходами.

Таблица 2.12 ВЫБРОСЫ ОТ СПЕЦИАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ

Специальные виды обращения с отходами	воздух	вода	остаточные отходы
Устройства для разрушения аэрозольных баллончиков – машины для измельчения	В некоторых случаях распыляющие вещества сбрасываются в воздух через систему вытяжки	Массовый баланс предполагает, что сбросы в воду могут достигать 250 т/год, но имеется недостаточность данных о тоннаже образующихся жидких отходов в настоящее время, чтобы сделать точный расчет	Жидкости от процесса измельчения собираются и распыляются на соседнем полигоне
	Активные ингредиенты и система-носитель растворителя могут включать в себя такие материалы, как разбавители, спирты и, возможно, некоторые пестициды		
Переработка для утилизации CFC	Отработанные масла должны содержать некоторое количество CFC, которые испаряются в воздух. Должен происходить небольшой дополнительный сброс в течение обычного отбора проб	Сброс можно оценить	Холодильные агенты CFC утилизируются для повторного использования и образуют небольшой поток масел, которые направляются для дальнейшей переработки. Небольшое количество отработанного поглотителя влаги (загрязненного маслами) каждый год направляется на полигон
Поставка для хранения и перемещение материалов	Летучие органические соединения, отходы кислот или аммиака		
Измельчение стекла	Существуют большие проблемы с частицами, несмотря на наличие вытяжных вентиляторов, с оседанием пыли на оборудовании, установке и конечной продукции. Оборудование для подавления выбросов не соответствует условиям		
Очистка от PCB	Программа мониторинга обычно охватывает выбросы PCB в воздух, сбросы в поверхностные воды и на землю вблизи установок. Трихлорэтилен (ТСЕ) очищается на участке для повторного использования, а остаточный осадок направляется на сжигание		
Очистка трансформаторов, содержащих PCB	Обеззараживание трансформаторов с PCB никогда полностью не применяется для всех компонентов, и это означает, что остаются остатки, которые должны сжигаться. В лучшем случае это должны быть просто пористые части (древесина и бумага), если только не применяется способ растворителей в течение длительного процесса, и должен быть в конечном итоге получен продукт, который можно направлять для депонирования, если уровни остаточных PCB будут законодательно приемлемы. Имеется возможность неорганизованных выбросов PCB вследствие образования аэрозолей.		

### **2.1.1.4 Целевые отходы от общих видов обработки отходов**

В зависимости от вида обработки, физические и (или) химические свойства отходов могут изменяться. Однако установлено, что некоторые общие способы (например, хранение, приемка, получение) не приводят к изменению химических или физических свойств поступающих отходов. С другой стороны, другие способы, такие как приготовление смесей, смешивание, дробление, измельчение приводят к изменению свойств поступающих отходов.

### **2.1.2 Уровни потребления и воздействия при биологической обработке отходов**

В этом разделе обсуждаются уровни потребления и воздействия при биологической обработке, упомянутой в разделе 2.2. Каждая часть Раздела 3.2 структурирована таким же образом, что и Раздел 2.2, а именно описывается такой порядок обработки: потребляемые ресурсы и воздействия при анаэробном сбраживании, механико-биологическая обработка, и, наконец, биологическая обработка, применяемая для загрязненной почвы. Воздействия, связанные со вспомогательной обработкой, например, работой перегрузочной станции, охвачены в Разделе А2.1.

#### **2.1.2.1 Поступающие отходы**

160

Обычно успешная биологическая обработка происходит только тогда, когда отходы являются нетоксичными (хотя микроорганизмы могут акклиматизироваться в определенной степени к некоторым отходами) в относительно узком диапазоне рН 4 – 8 и при отношении С:N:P около 100:5:1. Биологическая обработка при хорошей подготовке может быть адаптирована к большому разнообразию органических соединений, которые можно найти в отходах или загрязненном грунте.

Анаэробное сбраживание. Анаэробное сбраживание может непосредственно применяться для обработки жидких или твердых отходов (например, твердых коммунальных отходов) или для обработки активного ила, образующегося на предыдущей аэробной стадии. Имеется ряд возможных видов поступающих отходов, которые можно использовать при анаэробном сбраживании. Сюда включаются: пищевые отходы, разделенные в источнике образования, осадки (например, осадки сточных вод от очистки муниципальных сточных вод), агропромышленные побочные продукты, навоз, навозная жижа, некоторые фракции твердых коммунальных отходов и дворовые отходы.

Анаэробное сбраживание (AD) лучше подходит для отходов с высоким влагосодержанием, чем аэробное сбраживание. Процесс AD может происходить в диапазоне влагосодержания от 60 до 99%. Влагосодержание также является важным фактором, так как при низком влагосодержании возрастает токсичность соли и активизируется ингибирование аммиаком процесса AD. Поэтому кухонные отходы и другие подверженные гниению отходы, которые сами могут быть слишком влажными, могут оказаться превосходным сырьевым материа-

лом для AD. К процессу AD часто добавляются жидкости (либо вода, либо подвергнутые рециклингу стоки) для поддержания высокого влагосодержания.

Характеристики поступающих отходов оказывают очень серьезное воздействие на процесс AD. Их высокое качество будет способствовать повышению качества остатка анаэробного сбраживания. Высокие концентрации тяжелых металлов в поступающих отходах могут быть токсичными для метаногенных бактерий в следующем порядке (возрастания опасности): железо < кадмий < цинк < хром < свинец < медь < никель. Содержание летучих твердых веществ будет воздействовать на степень необходимости мониторинга процесса для предотвращения вредного воздействия перегрузки.

Вид отходов, принимаемых для этого типа переработки, это, в основном, разделенные в источнике образования биоразлагаемые отходы; компостирование остаточных отходов или разделение их фракций становятся все более редкими операциями. Поэтому обычно используемые типы отходов – это влажные органические фракции кухонных отходов и отходов гостиниц и ресторанов. Отходы садов и парков, а также бумага и картон обычно не обрабатываются. Некоторые исключаемые фракции отходов – это металлы, пластмассы, стекло, некоторые отходы животного происхождения.

Имеется две основных альтернативы для разделения отходов. Выбор между ними является важным аспектом качества поступающих для анаэробного сбраживания отходов:

разделение в источнике (не охвачено в области действия этого документа) – активно поощряется в ряде государств-членов. Оно включает в себя разделение подверженной гниению органической фракции (биоотходов). Обычно принято считать, что разделение в источнике обеспечивает наилучшее качество сырьевого материала, как для AD, так и для компостирования, предлагая максимальное содержание органического вещества и минимальное загрязнение тяжелыми металлами, стеклом и пластмассами. После сбраживания этих разделенных в источнике отходов в надежном процессе конечным результатом будет образование качественного продукта сбраживания и высокий объем биогаза.

централизованное разделение – это единственный путь для получения биоразлагаемой фракции из остаточных отходов. Применяемые способы включают в себя механическую обработку, оптическую обработку и ручную сортировку. Полученная биоразлагаемая фракция более грязная, чем биоотходы, разделенные в источнике, что неизбежно отражается на использовании конечного продукта сбраживания (имеются определенные данные, что когда используется превращение в волокнистую массу в качестве предварительной стадии сортировки, разделение жидкостей может привести к удалению некоторых более опасных элементов). Имеется также риск того, что более крупные неразделенные компоненты отходов будут переноситься и затем вызывать физическое повреждение перерабатывающих установок, расположенных далее (за счет трения, блокирования или спутывания).

Механико-биологическая обработка. Виды отходов, которые могут быть

приняты для этой переработки, это неразделенные в источнике образования муниципальные отходы (например, осадок сточных вод от установок очистки муниципальных сточных вод) и коммерческие твердые отходы. Если говорить техническим языком, не имеется ограничений также и в переработке влажной органической фракции (например, кухонных отходов), отходов садов и парков, органических отходов из гостиниц и ресторанов или бумаги, либо картона. Однако обычно эти последние типы отходов не перерабатываются с помощью этого вида обработки.

Влагосодержание поступающих отходов чрезвычайно изменчиво, но следует ожидать, что зеленые и бытовые отходы имеют влагосодержание, по крайней мере, 40-50%.

**Таблица 2.13 ЖЕЛАЕМЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОСТУПАЮЩЕГО СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОЦЕССОВ БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗЛОЖЕНИЯ СУСПЕНЗИИ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЮ ПОЧВЫ**

Характеристика	Желаемый диапазон
Органическое содержание	0,025-25 вес. %
Содержание твердых	10-40 вес. %
Содержание влаги	60-90 вес. %
Размер твердых частиц	Диаметр <0,635 см
Температура сырья	15-35оС
pH сырья	4,5-8,8

162

Эффективность биоразложения суспензии для некоторых обычных групп загрязняющих веществ приведена в табл. А2.14.

**Таблица 2.14 ПРИМЕНИМОСТЬ БИОРАЗЛОЖЕНИЯ СУСПЕНЗИИ ДЛЯ ОЧИСТКИ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЫ, ОТЛОЖЕНИЙ И ОСАДКОВ**

Загрязняющие вещества	Применимость
<i>Органические загрязняющие вещества:</i>	
Галогенированные полуплетучие вещества	2
Не галогенированные полуплетучие вещества	2
Пестициды	2
Галогенированные летучие вещества	1
Не галогенированные летучие вещества	1
Органические цианиды	1
РСВ	1
Диоксины/фураны	0
Органические коррозионные вещества	0
<i>Неорганические загрязняющие вещества:</i>	
Неорганические цианиды	1
Асбест	0

Загрязняющие вещества	Применимость
Неорганические коррозионные вещества	0
Нелетучие металлы	0
Радиоактивные материалы	0
Летучие металлы	0
Химически активные загрязняющие вещества:	
Окислители	0
Восстановители	0

**Пояснения:**

0 = не ожидается эффективность – экспертное мнение таково, что технология не будет работать

1 = потенциальная эффективность – экспертное мнение таково, что технология будет работать

2 = демонстрируемая эффективность – были выполнены успешные испытания на возможность очистки в определенной степени

### 2 1.2.2 Потребление ресурсов и реагентов при биологической обработке отходов

Анаэробное сбраживание. Потребляемыми ресурсами при механико-биологической обработке (МВТ), включающей разделение и анаэробное сбраживание (АД), обычно являются: вода, вспомогательные материалы и энергия.

Вода. Затраты воды для обработки 1 т отходов составляют 78 л. При этой обработке используется либо водопроводная, либо грунтовая вода. Вода потребляется на следующих стадиях процесса:

- производства пара: 22 л на тонну отходов
- производства полимерного раствора: 56 л на тонну отходов.

Вспомогательные материалы. В качестве вспомогательных материалов (представляемых грузовиками) используются следующие продукты:

- анионный полимерный флокулянт (порошок полиакриламида): 60 г на тонну отходов
- раствор хлористого железа (40% вес.): 3 кг на тонну отходов
- противовспенивающий продукт (раствор полиалкиленгликоля в воде): 50 г на тонну отходов.

Энергия. При работе установки потребляется электроэнергия, которая может генерироваться на участке, и тепло, которое может понадобиться для возможных процессов сушки или для отопления зданий. Количество электроэнергии, потребляемое на тонну отходов, составляет 55 кВт-час. Электроэнергия может генерироваться на самой установке по обработке отходов при сжигании биогаза в газовом двигателе (КПД: 35%). Потребление биогаза для производства электроэнергии составляет 29,1 нм<sup>3</sup> биогаза, содержащего 55 об. % CH<sub>4</sub> (т.е. 37 кг). Производство и потребление электроэнергии приведено в табл. А2.15.

Таблица 2.15 ПОТРЕБЛЕНИЕ И ПРОИЗВОДСТВО ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Тип энергии	кВт-час на тонну ТКО	Источник
Потребление электроэнергии	50-55	Собственное производство (газовый двигатель)

До трети производимого биогаза необходимо для подогрева самого анаэробного реактора, так как для процесса требуются теплые условия.

Оценки, относящиеся к потреблению электроэнергии установкой, заметно разнятся. В случае сельских установок AD приблизительно 20% электроэнергии, произведенной в процессе, требуется для работы установки, в то время как городские установки потребляют 2/3 произведенной электроэнергии.

Таблица 2.16 СКОРОСТЬ АЭРАЦИИ

Способ МВТ	Скорость аэрации (нм <sup>3</sup> воздуха/м <sup>3</sup> отходов . час)
Туннель:	40-60
Подвижная куча до деструкции	5-10
после деструкции	1-5
Куча	10

В квазидинамических биологических системах основная часть содержимого органических отходов подвергается деструкции в первые четыре недели биологического распада. В течение этого периода необходима самая высокая скорость аэрации и потребляется до 60 или 70% общей поставки воздуха для кучи. То же самое остается в силе для статических процессов без переворачивания. В случае предшествующего процесса ферментации в закрытом биореакторе происходит интенсивное разложение легко разлагаемых органических соединений. Таким образом, количества отходящих газов после разложения резко снижаются по сравнению с процессом полностью аэробного разложения.

Таблица 2.17 УДЕЛЬНОЕ ПОТРЕБЛЕНИЕ ЭНЕРГИИ В ПРОЦЕССАХ АЭРОБНОГО СБРА ЖИВАНИЯ

Аэробный процесс	Электроэнергия (кВт-час/т)	Дизельное топливо (кДж/кг)
Аэробное сбраживание в герметичном объеме	27-65 <sup>2</sup>	5
Валки	0	15
Последовательность <sup>1</sup>	4-72 <sup>2</sup>	5-132 <sup>3</sup>

<sup>1</sup>Последовательность включает в себя различные типы установок с более или менее сложной очисткой газа и без очистки газа

<sup>2</sup>Верхний предел диапазона обычно соответствует процессу с современной системой очистки отходящих газов

<sup>3</sup>Повышенные потребления дизельного топлива связаны с пониженным потреблением электроэнергии.

Вода. На установках МВТ иногда добавляется вода в валки, так как теряет влажность в течение аэробного сбраживания, что в противном случае может привести к дефициту воды и к остановке процесса аэробного сбраживания. Это обычно происходит в течение летних и зимних месяцев.

В некоторых случаях нет чистого потребления воды в процессе. В процессе сушки образуется вода (350 л – в форме пара – на тонну отходов). В течение аэробного сбраживания достигаются температуры 50-60°C. Таким образом, вода, теряемая от исходного сырья, превращается в водяные пары (около 90%), и она обычно выбрасывается в воздух. Однако в некоторых случаях часть воды конденсируется. Переработка этой сконденсированной воды довольно сложная задача. Очищенные сточные воды (фильтрат) используются как техническая вода в цепи охлаждения. Они охлаждаются в башенном охладителе. Водопроводная вода используется в башенном охладителе только как подпиточная вода (10 л на тонну отходов). Однако в других источниках сообщается, что диапазон потребления воды простирается от 260 до 470 л на тонну перерабатываемых отходов.

Вспомогательные продукты. Как сообщалось, дополнительные материалы не используются в процессе, за исключением полимерной пленки, используемой для упаковывания твердого топлива из отходов.

Биологическая очистка загрязненных почв. Довольно часто органические загрязняющие вещества используются микроорганизмами в качестве источника углерода и энергии. Кроме того, концентрация питательных веществ типа азота и фосфора должна корректироваться для содействия микробному росту. Обычно аммонийная соль типа  $\text{NH}_4\text{Cl}$  используется для добавки азота, а для добавки фосфора используются соответствующие соли. Однако для роста микроорганизмов необходимо много элементов типа витаминов и некоторых металлов (Fe, Mg, Cu и т.д.). Эти элементы могут естественно находиться в почве, но иногда могут потребоваться улучшения. Отношения C/N/P иногда используются для определения общего количества необходимых питательных веществ. Фактически должен проводиться регулярный контроль концентрации питательных веществ в почве. Загрязненную почву иногда смешивают с компостом для оптимизации биологической обработки. Добавка компоста часто составляет от 10 до 30% и никогда не превышает 40%. Иногда используется вода для того, чтобы повысить влагосодержание почвы.

Кислород и питательные вещества (азот и фосфор) добавляются к загрязненной почве для биологической активации биоразложения. Улучшение флоры из микроорганизмов за счет определенных организмов (например, бактерий, грибов) повышает биоразложение загрязняющих веществ.

### ***2.1.2.3 Негативные воздействия при биологической обработке отходов***

Конкретные воздействия от биологической обработки зависят:

- От летучих компонентов, уже находящихся в исходном сырье (поступающих отходах);
- От количества и вида обрабатываемых отходов;
- От типа обработки.

Например, отходы, получаемые от биологических источников (таких как переработка непищевого животного сырья с получением жира или кормовой муки или стоки пищевой промышленности), с меньшей вероятностью будут приводить к высокой нагрузке по выбросам. Таким образом, выбросы (нагрузка по

ТОС, метану, N<sub>2</sub>O, аммиаку) от биологической обработки отдельно собранных биоотходов (не охваченной в этом документе) сопоставима с выбросами от биологической обработки ТКО и осадков, за исключением некоторых летучих ингредиентов от ТКО (например, фторированные хлорированные углеводороды).

Тяжелые металлы в исходном материале должны быть хорошо смешаны с остальным материалом с помощью растворения, экстракции или просто измельчены на небольшие куски в течение работы.

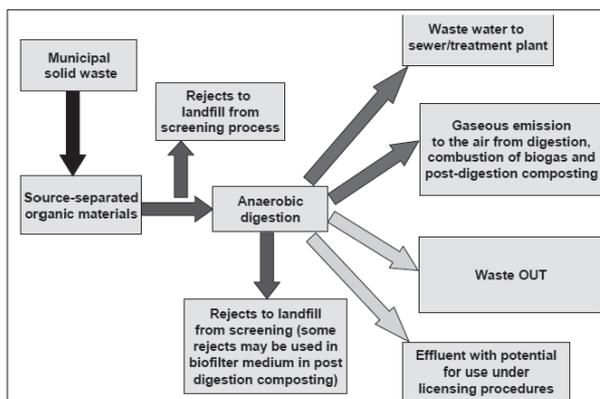
Общей характеристикой биологической обработки является то, что тяжелые металлы и другие не биоразлагаемые компоненты подвергаются разбавлению за счет смешения, растворения в водной фазе, становятся частью массы микроорганизмов, концентрируются за счет потери влажности и веса и т.д. В общем, соединения тяжелых металлов не разделяются селективно от отходов и не концентрируются селективно в целевом получаемом материале.

Летучие химические составляющие с наибольшей вероятностью оказываются в неорганизованных воздушных выбросах, вместе с аммиаком. Для муниципальных отходов характерна тенденция образовывать металлы в стоке или осадке.

Анаэробное сбраживание. На рис. 2.2 показаны важнейшие негативные воздействия от процессов анаэробного сбраживания.

Рисунок 2.2 СХМАТИЧЕСКОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ПОСТУПАЮЩЕГО СЫРЬЯ И КОНЕЧНЫХ ПРОДУКТОВ АНАЭРОБНОГО СБРАЖИВАНИЯ

166



Примечания: коричневые стрелки представляют твердые материалы, голубые стрелки – выбросы, зеленые стрелки – отходы процесса с определенным использованием

Пояснения к рисунку:

*Municipal solid waste* – твердые муниципальные отходы; *Source-separated organic material* – органический материал, разделенный в источнике; *Rejects to landfill from screening process* – отходы на полигон от процесса сортировки; *Anaerobic digestion* – анаэробное сбраживание; *Rejects to landfill from screening (some rejects may be used in biofilter medium in post digestion composting)* – отходы на полигон от сортировки (некоторые отходы могут использоваться в среде биофильтра в компостировании после сбраживания); *Waste water to sewer/treatment plant* – сточные воды в канализацию/на очистные сооружения; *Gaseous emission to the air from digestion, combustion of biogas and post-digestion composting* – газообразные выбросы в воздух от сбраживания, сжигания биогаза и компостирования после сбраживания; *Waste OUT* – отходы процесса (целевые отходы); *Effluent with potential for use under licensing procedures* – сток с возможностью использования в рамках процедуры лицензирования

Выбросы в воздух. В анаэробных системах образуется меньше выбросов, чем в аэробных системах на кг отходов, так как основной газообразный выброс (метан) является целевым продуктом. Однако выбросы, относящиеся к поставке отходов и механической обработке, могут быть причиной воздействия запахов и пыли, а аэробное сбраживание может вызывать значительную проблему запаха, если обработка будет происходить ненадлежащим образом. Выбросы, образуемые при сжигании биогаза, обычно выше, чем выбросы, образующиеся в процессе образования биогаза.

Простой массовый баланс должен предполагать, что, если поступающий материал имеет влагосодержание 70% и если содержание летучих твердых веществ в остатке составляет 80%, тогда в поступающих отходах должно содержаться 240 кг летучих твердых веществ. На непросеянную стабилизированную биомассу может приходиться 40% начального веса, из которых 40% может составлять влажность, при содержании летучих твердых веществ в оставшейся части 40%. Это предполагает потерю 144 кг летучих твердых веществ, если влажность поступающего материала составляет 70%.

Так как процесс сбраживания является процессом закрытого типа, выбросы в воздух маловероятны. Исключение составляет процесс перемещений и выбросы от продукта сбраживания. Однако возможны неорганизованные выбросы биогаза от клапанов аварийного сброса и от плохо уплотненных водоотделителей. Это может вызвать ряд опасностей, включая риск пожара или взрыва, а также привести к выбросам токсичных загрязняющих газов, таких как H<sub>2</sub>S и меркаптаны (образующие запах). Возможны также выбросы газообразного азота.

Выбросы твердых частиц также менее вероятны, чем при аэробном сбраживании, поскольку процесс закрытого типа.

Таблица 2.18 ПРимеры газообразных выбросов от анаэробных установок

Компонент	Концентрация выбросов	Единица	Удельные выбросы (г/т отходов)	Удельные выбросы г/МДж метана)
Дымовые газы				11000 нм <sup>3</sup> /т
Метан	Неорганизованные	Об. %	0-411	0,1
CO <sub>2</sub>	31-35,2	Об. %	181000-520000	85
CO			72,3	0,25
NO <sub>x</sub>			10-72,3	
NH <sub>3</sub>	Неорганизованные			
N <sub>2</sub> O			0	0,2
SO <sub>x</sub>			2,5-30	0,15
H <sub>2</sub> S	284-289	мг/нм <sup>3</sup>	0,033	
ТОС (VOC)			0,0023	
PM (например, / биоаэрозоль)				
Запах	626	GE/ нм <sup>3</sup>		

Компонент	Концентрация выбросов	Единица	Удельные выбросы (г/т отходов)	Удельные выбросы г/МДж метана
Хлороформ	2	мкг/нм <sup>3</sup>		
Бензол	50-70	мкг/нм <sup>3</sup>		
Толуол	220-250	мкг/нм <sup>3</sup>		
Этилбензол	610-630	мкг/нм <sup>3</sup>		
m+p+o ксилол	290-360	мкг/нм <sup>3</sup>		
Галогенированные НС и РСВ			0,00073	
Диоксины/фураны (TEQ)			$(0,4-4) \times 10^{-8}$	
Общий хлор	1,5	мкг/нм <sup>3</sup>		
HCl			0,011	
HF			0,0021	
Cd			$9,4 \times 10^{-7}$	
Cr			$1,1 \times 10^{-7}$	
Hg			$6,9 \times 10^{-7}$	
Pb			$8,5 \times 10^{-7}$	
Zn			$1,3 \times 10^{-7}$	

*Неорганизованные означают, что выбросы этих компонентов происходят, но не были представлены данные для их количественного определения*

168

Сбросы. Анаэробные системы имеют более концентрированные жидкие стоки, чем аэробные системы.

Виды сбросов должны быть сходными с выбросами аэробных систем, но объем жидкостей намного выше, и необходимы измерения для расчета сбросов (например, ТОС). Водная фракция может быть сброшена в канализацию или может пройти через аэробную очистку сточных вод, и нужно проводить мониторинг на входе и выходе установки для оптимизации ее характеристик, и, вероятно, самых важных индикаторов для таких оптимальных характеристик.

Маловероятно, что на установках, обрабатывающих биологические отходы пищевой промышленности или сельского хозяйства будут образовываться металлы в жидких стоках. Помимо этого, содержание металлов в сбросе может быть ниже, чем для эквивалентной аэробной системы, поскольку металлические соединения осаждаются и покидают твердую фракцию. Однако в жидком стоке может появиться их небольшое количество в виде твердых взвешенных частиц.

Количество отходов или избыточной образующейся воды зависит от ряда факторов (степени биоразрушения, влагосодержания поступающих отходов и степени рециркуляции технической воды, способа использования остатка сбраживания – в некоторых случаях он непосредственно применяется на земле как суспензия – и степени использования пара для подогрева биомассы). Представляется, что в большинстве процессов удаляется избыточная влага из остатка

сбраживания перед аэробным сбраживанием остающейся биомассы. В некоторых странах, однако, предпринимается мало попыток для этого или их вообще нет, и остаток сбраживания используется на земле в качестве почвоулучшителя. На некоторых исследованных участках она составляла от 100 до 500 кг на тонну отходов (по влажному весу). Вероятно, избыточная влага в большей мере загрязнена по сравнению с сухими системами, так как больше воды рециркулирует во влажных системах. Показатели для влажной и сухой системы приведены в табл. 3.19. Они относятся к сточным водам перед удалением взвешенных твердых частиц. В стадии после переработки сток после остатка сбраживания может подвергаться процессу денитрификации или фильтрованию и (или) подаваться в отстойник, а твердые частицы потенциально добавляются к остатку сбраживания и избыточная вода поступает в канализацию.

**Таблица 2.19 ТИПИЧНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ АНАЭРОБНОГО СБРАЖИВАНИЯ**

Компоненты	Единицы	Сухие системы	Влажные системы	Количество (г) <sup>1</sup>
Расход сточных вод	м <sup>3</sup> /т			
ХПК	мг O <sub>2</sub> /л	20000-40000	6000-24000	0,47
БПК	мг O <sub>2</sub> /л	5000-10000	2500-5000	
Аммиак				1-160
Нитраты				1-10
Общий азот	мг N/л	2000-4000	800-1200	
Общий фосфор				
Cl				
сульфаты				1-5
As				
Cd				
Cr				
Cu				
Hg				
Ni				
Pb				
Zn				

<sup>1</sup>На основе 261 л сточных вод/т отходов (возможно снижение до 211 л с помощью частичного повторного использования воды для приготовления полимерного раствора). Диапазон зависит от типа применяемой очистки сточных вод

Сброженное вещество и отходы. Что касается анаэробного сбраживания, то осадок или остаток сбраживания обычно обезвоживается. Если содержание тяжелых металлов в норме, то остаток сбраживания используется как компост, почвенный покров. В случае слишком высокого содержания тяжелых металлов компост/осадок может использоваться в качестве материала для ежедневного покрытия на полигонах. В этом отношении может применяться Директива для подземных вод.

Так как образование анаэробных осадков происходит в восстановительной среде, в таких осадках могут концентрироваться некоторые соединения, такие как металлические сульфиды и некоторые органические соединения (например, нерастворимые трудно перерабатываемые органические соединения). Осадки, образующиеся при переработке ТКО, или осадки сточных вод промышленного происхождения будут загрязнены металлами.

Иловый кек, образующийся на установке для очистки сточных вод, может направляться для дальнейшей химической очистки. Если очистка не проводится, иловый кек необходимо размещать на полигоне или подвергать совместно сжиганию. Остаток от промывки песчаных пробок, вероятно, не годится для термической переработки вследствие его низкой теплотворной способности, и, таким образом депонируется.

Механико-биологическая обработка. Потеря веса в течение аэробного процесса составляет около 10-20% по сухому веществу поступающих отходов, что эквивалентно 30-40% потери по общему весу. Аэробные системы работают в открытом исполнении, в них труднее контролировать температуру и влагосодержание, что с большей вероятностью приводит к образованию широкого диапазона выбросов. Имеется высокая вероятность, что материал будет насыщаться и будут происходить сбросы жидкости. Также имеется повышенный шанс перехода процесса в анаэробную стадию, приводящую к выбросам метана.

Различные компании проводят совместное сбраживание потоков опасных органических отходов с муниципальными или зелеными отходами и органическими отходами с низкой концентрацией галогенированных органических соединений. В обоих случаях разумно ожидать, что биомасса адаптируется к новому источнику поставки, но также разумно ожидать, что рост температуры или перемешивание в баках систем с активным илом будет вызывать выбросы в воздух.

В отличие от установок компостирования, на которых перерабатываются зеленые отходы и отдельно собранные биоотходы, материал, перерабатываемый на установках МВТ, может демонстрировать широкий диапазон выбросов (муниципальные отходы). В отходящих газах от МВТ могут содержаться фторхлоруглеводороды, аммиак, ртуть, метан, закись азота и другие соединения.

Отходящие газы от МВТ частично образуются при механической обработке, но по большей части они относятся к биологическому процессу, в котором выделяется тепло. В зависимости от процесса, можно достичь управления температурами от 30 до 90°C. Таким образом, большая часть влаги, содержащейся в отходах, удаляется. Помимо этого, могут удаляться остатки растворителей и минеральных масел и углеводов. При этих граничных условиях в отходящих газах МВТ содержатся, по крайней мере, следующие группы материалов:

- вода в форме водяных паров, которыми насыщены отходящие газы процесса;
- продукты органического разложения, спиртового брожения, такие как ацетон, ацетальдегид, этанол, метанол, бутанол и другие соединения с короткими цепями;

- растворители, в особенности бензол, толуол, ксилол;
- пахучие терпены, в основном лимонен и альфа- и бета-пинены;
- следы минеральных масел и углеводов.

Выбросы в воздух. Имеется ограниченная информация о выбросах при аэробных операциях. На выбросы в воздух загрязняющих и пахучих веществ от установок МВТ влияют:

- специфика отходов (вид, состав, возраст)
- специфика вида обработки (аэробное разложение, ферментация)
- специфика процесса (тип аэрации)
- зависимость от оперативного управления
- метеорологическое влияние (погодные условия) в случае реакторов открытого типа.

В дополнение к выделению пахучих веществ при поставке исходных отходов и в течение механической обработки выбросы с установки главным образом определяются с помощью следующих источников:

- аэробное разрушение
- ферментация
- отходящие газы/очистка отходящих газов.

При микробиологического разрушения выделяется от 30 до 50 МДж тепловой энергии на кг органического вещества в отходах. Эта тепловая энергия приводит к желаемому самонагреву материала. Избыточное тепло, которое превышает количество, необходимое для поддержания температуры процесса, рассеивается за счет испарения воды. Таким образом, вода выполняет важную функцию теплоносителя.

Таблица 2.20 ПРИМЕР ПАРАМЕТРОВ ВОЗДУХА ДЛЯ НЕКОТОРЫХ МВТ

Производительность МВТ тыс. т/год	Часть установки	Обновление воздуха, температура <sup>1</sup> , условия процесса	ТОС (FID <sup>1</sup> )	Концентрация запаха		Запах 106 GE/ч
			мг/м <sup>3</sup> и г/т, соответственно	Спектр GE/м <sup>3</sup>	средняя GE/м <sup>3</sup>	
30	Механическая обработка и небольшой накопитель	Принудительная вентиляция, примерно двукратный воздухообмен, 5-10°C в течение измерения	40 мг/м <sup>3</sup> 20-25 г/т	–	–	–
200	Механическая обработка и небольшой накопитель	Принудительная вентиляция, примерно полтора-двукратный воздухообмен, 10-13°C в течение измерения	15-25 мг/м <sup>3</sup> 25-55 г/т	150-630	390	38
30	Общий отработанный воздух от МВТ (2 недели биологического разрушения)	Смесь отработанного воздуха от помещений и куч, примерно трехкратный воздухообмен, 20-30°C в течение измерения	60-130 мг/м <sup>3</sup> 500-700 г/т без метана 10-30 мг/м <sup>3</sup> Примерно 700 г/т метана			

Производительность МВТ тыс. т/год	Часть установки	Обновление воздуха, температура <sup>1</sup> , условия процесса	ТОС (FID <sup>30</sup> )	Концентрация запаха		Запах 106 GE/ч
			мг/м <sup>3</sup> и г/т, соответственно	Спектр GE/м <sup>3</sup>	средняя GE/м <sup>3</sup>	
50	Общий отработанный воздух от МВТ (16 недель биологического разрушения)	Смесь отработанного воздуха от помещений и куч, примерно однократный воздухообмен, 20-30°C в течение измерения	700-800 г/т 200-700 мг/м <sup>3</sup> до 12000 г/т метана			
70	Смесь отработанного воздуха от биологического разрушения (ферментация с 8 неделями биологического разрушения)	Смесь отработанного воздуха от помещений и куч, примерно однократный воздухообмен, 25-30°C в течение измерения	50-80 мг/м <sup>3</sup> 590-720 г/т без метана Примерно 80 мг/м <sup>3</sup> примерно 1100 г/т метана	8000-20000	15000	1200 к биофильтру

<sup>1</sup>Имеется несколько систем (системы отсоса воздуха), где температура может достигать 40°C

<sup>30</sup>Пламенный ионизационный детектор.

Некоторые данные о выбросах в воздух от аэробных операций приведены ниже в табл. 2.21.

172

ТАБЛИЦА 2.21 ВАЖНЕЙШИЕ ВЫБРОСЫ ДЛЯ ОПЕРАЦИЙ МВТ

Параметры/загрязняющие вещества	Выбросы в воздух (значения в г/т сбраживаемых отходов) <sup>6</sup>
Расход	Отработанный воздух: 2500-30000 м <sup>3</sup> /т
Аммиак <sup>3</sup>	5 – 3700; Другие данные: 0,12 поступающий тоннаж <sup>1</sup> ; 20-40 мг/м <sup>3</sup> <sup>24</sup>
Диоксид углерода	98-563 кг/т MSW; 482-566 кг/т MSW, если включены машинное оборудование, энергетическая система и строительство; Другие данные: 10-20% поступающего тоннажа отходов × 1000; 20% поступающих сухих твердых веществ
N <sub>2</sub> O	11-110
NO <sub>x</sub>	100
метан	411-2000
Твердые частицы <sup>2</sup>	163-186
PM <sub>10</sub> S	Например, биоаэрозоли
Запах	50-500 GE/м <sup>3</sup>
ТОС (VOC) <sup>5</sup>	0,7-600
АОХ	
СFC	
Диоксины/фураны	0,1 нг/м <sup>3</sup>
Микробы	
Ртуть	

<sup>1</sup>Снижение коэффициентов выбросов на 50%, если в системе используется принудительная подача воздуха или другой метод обеспечения аэробных условий; рост коэффициентов выбросов, если принимаются отходы с высоким содержанием азота

<sup>2</sup>Система фильтров на выбрасываемом воздухе будет снижать общие выбросы твердых частиц, но не PM10

<sup>3</sup>Если условия переработки отдаляются от диапазона рН 4-8, а отношение С:N от 100:5:1, тогда могут появляться большие количества других газов; большие количества аммиака могут в особенности преобладать, если в сырье будет слишком много азота

<sup>4</sup>Равно 545-1090 г/т перед любым подавлением аммиака (например, с помощью биофильтра)

<sup>5</sup>На метан может приходиться 1/6 количества ТОС

<sup>6</sup>В некоторых случаях представлены несколько способов расчета различных данных о выбросах

Выбросы аммиака. Азот в отходах может легко конвертироваться в аммиак, и это с большей вероятностью происходит, если отношения С:N не сбалансированы (слишком много азота), или масса становится бескислородной. Для зеленых отходов это более вероятно в летние месяцы с высокими уровнями скошенной травы в отходах и недостаточным количеством древесины в качестве наполнителя. Закрытый режим аэробного сбраживания или системы биоразложения с высоким уровнем подачи принудительного воздуха обеспечивает избыток кислорода с меньшим количеством аммиака, чем в случае стандартных валков. Нагрузка по аммиаку неочищенного газа на установках МВТ составляет от 10 до 560 мг/нм<sup>3</sup> в зависимости от варианта процесса, удельного расхода отработанного воздуха. При наличии до МВТ ферментации можно обнаружить до 1000 мг/нм<sup>3</sup> в стадии до биологического разрушения. В дополнение к его воздействию на загрязнение воздуха, высокая концентрация аммиака в неочищенном газе угрожает биофильтрам, часто используемым на установках МВТ. Поэтому цель состояла в поддержании как можно меньшей нагрузки по аммиаку в неочищенном газе перед поступлением на биофильтр. Установленные ранее кислотные скрубберы могут надежно поддерживать концентрации NH<sub>3</sub> ниже 10 мг/нм<sup>3</sup>.

На участках проводится ряд операций по просеиванию, грохочению, измельчению и поворачиванию. Происходят выбросы твердых частиц, но не имеются соответствующие количественные данные. Известно, что на большинстве операций по аэробному сбраживанию появляются грибы, в особенности аспергиллы<sup>31</sup>. Фильтры на выбрасываемом воздухе будут минимизировать выбросы твердых частиц. Имеется возможность и для выбросов PM<sub>10</sub>.

Биоаэрозоли. Это микроорганизмы и другие мельчайшие биологические частицы, которые находятся во взвешенном состоянии в воздухе. Они вдыхаются и обычно невидимы. Биоаэрозоли могут появляться в аэробном процессе. В исследованиях особое внимание уделяли грибам с названием *Aspergillusfumigatus* (грибы, вызывающие заболевания у больных СПИДом). Их можно найти по всему миру, особенно в почвах и в лесном мусоре. Имеется их особая связь с процессом аэробного сбраживания, так как они способны разрушать целлюлозу (углевод, обнаруженный в растительном материале) и способны выживать при высоких температурах (до 65°C). Как часть своего жизненного цикла, *Aspergillusfumigatus* образуют мельчайшие споры.

<sup>31</sup>Род высших плесневых грибов, аэробные микроорганизмы, хорошо растущие на различных субстратах, которые могут вызывать заболевания человека и животных (аспергиллез)

Воздействие запахов. Оно может быть связано с анаэробными условиями. Запахи воздействуют с поверхности открытых куч, валков, вызревающих куч компоста, штабелей и отвалов. Обычно наиболее проблемными пахучими соединениями на установках для аэробного сбраживания являются аммиак, сероводород, меркаптаны, сернистые алкилы, такие как диметил сульфид, диметил дисульфид и терпены. Эти соединения находятся во многих сырьевых материалах или образуются в течение процесса за счет аэробных или анаэробных действий.

Некоторые пестициды. Их можно разрушить с помощью фотолиза, метаболизма растений или микробного действия. Другие являются стойкими.

Метан. Метан также является проблемой, хотя установки эксплуатируют таким образом, чтобы минимизировать его образование. Выбросы метана могут варьироваться от 10 до 2000 мг/нм<sub>3</sub>.

ВОС (Летучие органические соединения). Для любых летучих соединений в сырьевых материалах характерна тенденция выделяться в воздух с повышением температуры. В неочищенном газе от установок МВТ содержится большое количество единичных органических соединений с относительно высокими, но колеблющимися концентрациями. Концентрация ТОС (общего органического углерода), которая отмечает содержание всех органических соединений, является параметром, подходящим для мониторинга. В неочищенном газе от МВТ содержатся концентрации ТОС от 10 до 2000 мг/нм<sub>3</sub>, но измерялись значения и до 7500 мг/нм<sub>3</sub>. В кучах на открытом воздухе концентрации ТОС выше 100 мг/м<sub>3</sub> вследствие неизбежных анаэробных условий в сердцевине кучи. Были обнаружены концентрации углерода более, чем 10000 мг/нм<sub>3</sub> на поверхности не аэрируемых куч на открытом воздухе, особенно при анаэробных условиях внутри кучи. Основной выход ТОС происходит в течение первой горячей фазы биологического разрушения, т.е. в первую или вторую неделю биологического разрушения. Далее в табл. 3.22 показан перечень органических соединений, идентифицированных в МВТ.

**Таблица 2.22 ОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ, КОТОРЫЕ БЫЛИ ПОДТВЕРЖДЕНЫ В ЧЕТЫРЕХ ИССЛЕДОВАНИИ ОТРАБОТАННОГО ВОЗДУХА (ТРИ АЭРОБНЫЕ ИСПЫТАНИЯ С ИНТЕНСИВНЫМ И ПОСЛЕДУЮЩИМ БИОЛОГИЧЕСКИМ РАЗРУШЕНИЕМ, ОДНОЙ АНАЭРОБНОЙ УСТАНОВКИ**

Алканы (алифатические углеводороды)		
1, 1 - диметилциклопентан	4-метилнонан	н-додекан
1, 3 - диметилциклогексан	5 разветвленный алкан	н-гептан
1, 4 - диметилциклогексан	5-метилундекан	н-гексан
10 разветвленный алкан	6 алкилциклогексан	н-нонан
11 разветвленный алкан	бутилциклогексан	н-пентадекан
2 разветвленный октан	2 С3- циклогексан	н-пентан
2 разветвленный ундекан	С4 - циклогексан	н-тетрадекан
2, 3 - диметилпентан	циклогексан	н-тридекан
2, 4- дифенил - 4- метил-2- пентен	декан	н-ундекан
2-метилдекан	диметилциклогексан	Нонадекан

Алканы (алифатические углеводороды)		
2-метилгептан	додекан	пропилциклогексан
2-метилгексан	этилциклогексан	Тридекан
2-метилнонан	этилциклопентан	триметилбензол
2-метилундекан	гексадекан	триметилциклогексан
3-метилдекан	метилциклопентан	ундекан
3-метилгептан	метилбутан	3 разветвленный гептан
3-метилгексан	метилциклогексан	7 разветвленный нонан
3-метилнонан	метилоктан	2 разветвленный октан
4-метилгептан	н-декан	разветвленный додекан
РАН		
1, 2, 3, 4 – тетрагидрометил-нафталин	нафталин	аценафтен
1, 2, 3, 4 – тетрагидронафталин (тетралин)	диметилнафталин	Метилдекалин
этилнафталин (винилнафталин)	1-метилнафталин	2-метилнафталин
декагидрометил-нафталин	метилтетралин	
Кислоты и сложные эфиры		
Сложный эфир 2-бутеновой кислоты	Сложный метиловый эфир масляной кислоты	гексанал
Сложный эфир 2-метилмасляной кислоты	Сложный эфир угольной кислоты	Сложный эфир гексановой кислоты
Сложный эфир 3-метилмасляной кислоты	6-угольная кислота	Сложный этиловый эфир жирных кислот
Сложный эфир алкановой кислоты	Уксусная кислота	Сложный изопропиловый эфир миристиновой кислоты
Сложный эфир алкановой кислоты (кислотность >C7)	2-алкановая кислота	Сложный метиловый эфир пентановой кислоты
Сложный метиловый эфир 1-уксусной кислоты	Сложный алкиловый эфир уксусной кислоты	Сложный метиловый эфир пропионовой кислоты
Бензойная кислота	Сложный бутиловый эфир уксусной кислоты	Сложный этиловый эфир пропионовой кислоты
Сложный бензиловый эфир бензойной кислоты	Сложный этиловый эфир уксусной кислоты	Тетрадекановая кислота
Сложный этиловый эфир масляной кислоты	Сложный метиловый эфир уксусной кислоты	Гексадекановая кислота
Терпен		
Альфа-пинен	Бета-пинен	Бета-мирцен
Пинен	Д-лимонен	3-карен
Мирцен	камфора	

Алканы (алифатические углеводороды)		
Альдегиды/кетоны		
1, 2 - дифенилэтанон	3-бутен-2-он	гексанал
2, 3 - бутандион	3-гидрокси-2-бутанон	метил-2-бутанон
5-2-алканон	3-пентанон	метилизобутилкетон
2-бутанон	ацетальдегид	Нонаналь
2-гептанон	ацетон	октанол
2-гексанон	ацетофенон	Пентаналь
2-метилпропаналь	деканаль	разветвленный 2-гептанон
2-пентанон	дифенилэтандион	додеканаль
Спирты		
1-бутанол	2-метил-1-пропанол	изопропанол
1-пентанол	2-метилбутанол	разветвленный алканол
2-бутанол	3-метил-1-бутанол	разветвленный пентанол
2-этил-1-гексанол	бутанол	этанол
2-метил-1-бутанол		
Бензолы/алкилбензолы		
бензол	2 С6-бензол	метилпропилбензол
5 С3-бензол	3-диметилэтилбензол	пропилбензол
С4-бензол	этилбензол	стирол
1-метилпропилбензол	этилметилбензол	толуол
15 С4-бензол	o/m/p-ксилол	3-триметилбензол
7 С5-бензол	метилпропилбензол	
Галогенные соединения		
1, 1, 1 - трихлорэтан	дихлорметан	тетрахлорэтилен
дихлорбензол	фторэтилен	трихлорэтилен
Соединения серы		
2-бутантиол	диметилсульфид	диоксид серы
диметилсульфид	метантиол	дисульфид углерода
Силоксаны		
циклогексасилоксан	циклотетрасилоксан	циclosилоксан
циклопентасилоксан	гексаметилдисилоксан	силоксан
Октаметилциклотетрадисилоксан		
Фталаты		
Диэтилфталат	диметилфталат	
Простые эфиры		
Тетрагидрофуран		

Хлорфторуглероды (CFC). Небольшое количество имеющихся данных показывает, что на установках MBT нагрузка CFC может составлять более, чем 10 г на тонну поступающего материала в зависимости от типа перерабатываемых отходов (табл. 3.23). Ведущими веществами являются CFC R11 (трихлорфторметан) и R12 (дихлорфторметан), которые часто использовались в прошлом.

Таблица 2.23 ВЫБРОСЫ CFC ОТ MBT (НЕОЧИЩЕННЫЙ ГАЗ)

Параметр (г/т)	Установка А (отработанный воздух из туннеля)	Установка В (отработанный воздух из барабана биологического разрушения)	Установка В (отработанный воздух из барабана биологического разрушения)	Установка В (отработанный воздух помещений)	Установка С (отработанный воздух из модуля биологического разрушения)
Весенняя проба	Зима	Лето	Зима	Лето	(оценка)
R11	n.d.	8,5	4,1	0,4	2,2-2,3
R12	n.d.	11,3	0,2	0,4	1,3-1,4
R21	n.d.	n.d.	-	n.d.	n.d.
R113	n.d.	n.d.	<0,05	n.d.	1,9
R114	n.d.	n.d.	0,2	0,4	1,2-1,4

n.d. – не обнаружено

Сточные воды. Маловероятно, что на участках образуется избыток жидкостей, поскольку в процессе аэробного сбраживания выбрасываются большие объемы воды в воздух, и обычно требуются дополнительные жидкости для "пополнения". Хотя известно, что на некоторых участках имеются проблемы со сточными водами, количество жидких выбросов, вероятно, мало, поскольку аэробное сбраживание является экзотермическим процессом.

Таблица 2.24 ФИЛЬТРАТ ОТ АЭРОБНОГО СБРАЖИВАНИЯ

Параметры воды	Удельные выбросы (кг/т MSW)	Концентрация в сточных водах (мг/л)
Расход сточных вод	260-470	
ТОС		40
ХПК	0,457	120-200
БПК <sub>5</sub>		20-25
НС		10-20
ВТЕХ (бензол, толуол, этилбензол, ксилол)		0,1
АОХ		0,5
Хлориды	0,152	
Общий азот		70
Общий фосфор		1-3

Параметры воды	Удельные выбросы (кг/т MSW)	Концентрация в сточных водах (мг/л)
CN	$7,28 \times 10^{-5}$	0,2
Сульфиды		0,1-1
Cd	0	
Cr	0	0,5
Cr (VI)		0,1
Cu	0	
Hg	0	
Mg	0	
Ni	$7,94 \times 10^{-4}$	
Pb	$5,96 \times 10^{-4}$	
Zn	$2,38 \times 10^{-4}$	

Можно ожидать наличие меди и цинка в любом фильтрате от аэробного сбраживания, поскольку это микронутриенты растений. Существует возможность того, что токсичные металлы находятся в стоках, хотя большинство металлов будет оставаться в продукте аэробного сбраживания.

178

Сбросы на землю. Необходимо удостовериться в безопасности участков для аэробного сбраживания, независимо от того, имеются ли жидкие сбросы на землю или нет. Даже, если на них имеется бетонное основание ниже валков, оно может быть не постоянным, и часть операций может проводиться на проницаемой поверхности. Если основание непроницаемое, тогда должен быть сброс в поверхностные воды или в канализацию, либо сбор в сточные колодцы. Если участки аэробного сбраживания расположены на полигоне, жидкие сбросы должны направляться на установку для очистки на полигоне.

Существует также возможная проблема, если избыточные дождевые воды, падающие на валки, не будут испаряться под действием тепла процесса аэробного сбраживания. Избыточная вода будет собирать жирные кислоты и гуминовые кислоты от процесса аэробного сбраживания, а затем сброс будет поступать на землю, в поверхностные воды или в канализацию.

Осадок и (или) остаток сбраживания для дальнейшего размещения на полигоне обычно содержит органические соединения, соединения азота и фосфора, хлориды и хром.

Биологическая обработка загрязненной почвы. Выбросы в воздух вследствие биоразложения за пределами территории.

Имеется мало информации о потерях летучих соединений от процессов биоремедиации за пределами территории. Хотя эти данные ограничены, как представляется, испарительный перенос является небольшим компонентом общего удаления углеводородов в этих процессах.

Таблица 2.25 РЕЗЮМЕ ДАННЫХ ПО ВЫБРОСАМ ДЛЯ СИСТЕМ БИОРЕМЕДИАЦИИ ЗА ПРЕДЕЛАМИ ТЕРРИТОРИИ

Загрязняющие вещества	Уровень выбросов	Общие выбросы	Биоразрушение/испарительный перенос	Примечания
Биоремедиация в фазе суспензии				
Креозот	0,07-6,3 г НС/ч	п.а.	п.а.	Концентрации отходящих газов достигают пика в 1-й день и снижаются почти до исходного состояния на пятый день
Нефтяной осадок	п.а.	910 кг НС	п.а.	Переработано 42500 кг почвы. Выбросы снизились до фонового значения на 6 день
Нефтяной осадок	п.а.	10-20 кг/год; 1,5 кг		
в вынutom грунте, 30 кг в емкости для хранения; 4 кг в отстойном пруду	п.а.	По оценкам, полномасштабная система должна иметь от 500 до 2000 кг выбросов летучих органических соединений		
Биореактор <sup>32</sup>				
Бензин	п.а.	п.а.	99%/1%	Выбросы в воздуха измеряются для операций накопления/обращения, смешивания и санации. На компонент смешивания приходится 96% потерь загрязняющих веществ. 73% потерь летучих органических соединений улавливается установками для очистки активированным углем
Нефть	0,01 кг/ч НС однократно; 0,03 кг/ч НС после очистки (углем)	п.а.	п.а.	Отходящие газы также подвергаются рециклингу с возвратом в биореакторы для дальнейшего снижения выбросов
Нефть	16 частей на млрд. ВТЕХ в начале; 5 частей на млрд. ВТЕХ (8-й день); <1 части на млрд. ВТЕХ (35-й день)	п.а.	>99%/<1%	

Примечания: НС – общие углеводороды; п.а. – нет данных

<sup>32</sup>Технология ремедиации, при которой вынутый грунт смешивается с улучшающими добавками и из них составляются компостные кучи, которые ограждаются для переработки.

В открытых отстойниках и в процессах аэробного сбраживания и очистки земли основными экологическими факторами, которые влияют на выбросы в воздух, в дополнение к возможности биоразрушения и летучести отходов, являются температура процесса и скорость ветра. Для выбросов имеется тенденция роста с повышением поверхностной турбулентности вследствие ветра и механического перемешивания. Температура воздействует на выбросы за счет ее влияния на микробный рост. Выбросы из отдельных реакторов также определяются параметрами конструкции реактора, такими как количество использованного воздуха или кислорода для продувания суспензии. С ростом расхода газа будет очищаться больше летучих соединений из раствора и возрастут выбросы в воздух

#### 2.1.2.4 Целевые отходы после биологической переработки

Структура, приведенная в этом разделе, соответствует той же самой структуре, которая была приведена в Разделе 2.2, и в ней описаны целевые отходы (или продукты), образующиеся при биологической обработке отходов (согласно определению в табл. A2.2).

Анаэробное сбраживание. Обзор ожидаемых отходов после обработки разделенных в источнике муниципальных отходов приведен в табл. A2.26.

Таблица 2.26 ОЖИДАЕМЫЕ ОТХОДЫ ПОСЛЕ ОБРАБОТКИ (НА ОСНОВЕ СТАНДАРТНОГО СОСТАВА ОТХОДОВ) НА УСТАНОВКЕ

Фракции, пригодные для утилизации энергии	Удельные количества (кг/т MSW)	Теплотворная способность (МДж/кг)	
		Высшая	Низшая
Биогаз <sup>1</sup>	117,5 (75-364 нм3)	15,4	16,8
Легкие остатки	37,3	12,4	21,5
Топливо из отходов	257,2	17	25,8
Фракция, подобная древесине	14	4,9	10,0

<sup>1</sup>Эта пониженная производительность объясняется повышенным содержанием не разлагаемого материала (песка). Производительность может изменяться от сезона к сезону (повышенные производительности отмечаются в течение осени/зимы)

Биогаз. В биогазе имеются также и другие составляющие при небольших концентрациях, включая монооксид углерода, водород, азот и кислород. Составляющие биогаза (иные, чем диоксид углерода и метан) могут быть довольно важными при конечном потреблении. В табл. 3.27 показан типичный состав биогаза, образующегося при анаэробном сбраживании.

Таблица 2.27 СОСТАВ БИОГАЗА, ОБРАЗУЮЩЕГОСЯ ПРИ АНАЭРОБНОМ СБРАЖИВАНИИ

Компонент	Концентрация в биогазе (% объемных)	Удельное образование (г/т отходов)	Удельные выбросы (г/МДж метана)
CO <sub>2</sub>	25-50	181000-520000	85
Метан	50-75	0-411	0,1
Вода (биогаз)	6-6,5		
O <sub>2</sub>	0,9-1,1		

Компонент	Концентрация в биогазе (% объемных)	Удельное образование (г/т отходов)	Удельные выбросы (г/МДж метана)
N <sub>2</sub>	3,9-4,1		
H <sub>2</sub>			
H <sub>2</sub> S	<0,1-0,8		
Аммиак	<0,1-1		
Меркаптан	В спорах		
Низкомолекулярные жирные кислоты			
Высокомолекулярные вещества	Следы		

Биогаз может частично использоваться для производства электроэнергии и (или) тепловой энергии (например, отопление зданий, транспортные средства с двигателями, работающими на биогазе) при сжигании в газовом двигателе. Когда биогаз используется для производства энергии, возможна выработка от 20 до почти 300 кВт-час нетто энергии на тонну отходов. Некоторые ссылки приведены в табл. 2.28.

Таблица 2.28 ДАННЫЕ О ПРОИЗВОДСТВЕ НЕТТО ЭНЕРГИИ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Исследование/ процесс	Производство нетто энергии (кВт-час/т отходов)		
	Минимум*	Среднее*	Максимум*
AN-анаэробный	38	49	60
DBA	45	53	60
Компо	85	88	154
NOVEM	21	88	154
Plaunener-Verfahren	85	98	110
Waterman BBT		100	
Исследование DHV		102	
White et al.		110	
Plethane-Biopaq	80	110	140
IEA Bioenergy	75	113	150
BTA	100	115	130
Dranco	105	131	157
Vtancken		140	
WAASA	120	145	170
IWM	100	150	200
Schwarting-UHDE		154	
D.U.T.	254	273	292

\* Если приводится только одно значение, в данной ссылке не приведен диапазон

Топливо из твердых отходов, используемое в качестве топлива

Больше информации по этому вопросу можно найти в Разделе 3.5.4.1. Приготовленное твердое топливо представляет собой предварительно отсортированную смесь бумаги и пластмасс. При промывке продукта сбраживания образуется два дополнительных потока остатков и фракция, подобная древесине, с остаточной теплотворной способностью, которая позволяет проводить термическое использование. Три добавленных потока дают вместе 308,5 кг твердотопливной смеси для термического использования. Твердотопливная смесь имеет низшую теплотворную способность в 16,5 МДж/кг и содержание сухого твердого вещества 66%.

**Таблица 2.29 СОСТАВ ПРИГОТОВЛЕННЫХ ТВЕРДЫХ ОТХОДОВ**

Тип отходов	%	Тип отходов	%
Органические отходы	45	Пластмасса	9
Прочие	31	Текстиль	2
Бумага/картон	13		

Остаток сбраживания. Количество образующегося остатка сбраживания колеблется от 100 до 500 кг на тонну поступающих отходов. Этот диапазон связан со степенью биоразрушения, влагосодержанием поступающих отходов, степенью рециркуляции в процессе, способом использования остатка и степенью использования пара для подогрева биомассы. Изменения состава приведены в табл. А3.30.

182

**Таблица 2.30 ХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОДУКТА АНАЭРОБНОГО СБРАЖИВАНИЯ**

Сырьевой Материал	Единица	N	P	K	Mg	Ca
Биоотходы/RDF	% тв. в-ва	1,2	0,68	0,74		0
Раздельный сбор MSW	% сух. в-ва	1,90	0,66	0,63	-	-
Раздельный сбор MSW	частей на млн.	20,0	11,9	14,7	11,6	49,7
Раздельный сбор MSW	частей на млн.	11	8	10	-	-
Органическая фракция MSW	частей на млн.	1-1,3	6-12	8-12	17-26	60-100
Фрукты/овощи с рынка	частей на млн.	21,9	9,5	10,5	4,7	-
Несортированные MSW	частей на млн.	11	8	10	-	-
Несортированные MSW	частей на млн.	19	13	15	3,67	-

**Таблица 2.31 ОБЗОР АНАЭРОБНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОБРАБОТКИ БИОРАЗЛАГАЕМЫХ МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОТХОДОВ**

Утилизируемый продукт	Удельное производство (тонн на тонну перерабатываемых отходов)
Утилизация питательных веществ	4,0-4,5 кг N/т; 0,5-1 кг P/т; 2,5-3 кг K/т
Утилизация энергии	0,4-0,9 МДж электроэнергии на т отходов. В дополнение к этому, на установках CHP может генерироваться дополнительное количество тепловой энергии
Общее количество твердых остатков в зависимости от отходов	0,3-0,6

Утилизируемый продукт	Удельное производство (тонн на тонну перерабатываемых отходов)
Качественные продукты для рециклинга/утилизации	Волокна (0,07-0,3) (для компостирования)
Другие остаточные продукты, возможные для повторного использования с ограничениями	Жидкие продукты (0,06); инертные вещества (0,05); песок (0,08)
Остатки для депонирования или другой переработки	Верхний продукт (0,02-0,1)
Металлы (содержащие железо)	0,043
Черные металлы	0,032
Примечание: разделение и промывка сброженного продукта дают фракции инертных материалов, песка и волокна. Фракции инертных материалов и песка можно использовать в качестве строительного материала. Другие продукты соответствуют волокнистой фракции.	

СНР – теплоэлектроцентраль

Механико-биологическая обработка. При аэробных видах обработки снижается тоннаж поступающего материала за счет конверсии части биомассы в диоксид углерода и воду вследствие микробного действия.

183

Таблица 2.32 ОТХОДЫ ПОСЛЕ МВТ

Фракции, пригодные для утилизации энергии	Удельное количество (кг на тонну MSW)	Теплотворная способность (МДж/кг)	
		Низшая	Высшая
RDF (топливо из отходов)	300-460	16,6	19,9
Фракции, не пригодные для утилизации энергии		Назначение и свойства	
Черные металлы	32-40 24 для фракции 1 8 для фракции 2	Торговля металлическим ломом (2 фракции) Предварительное разделение Последующее разделение	
Инертные	48,6 <40 стекло	Повторное использование	
Цветные металлы	8-10	Утилизация	
Материалы с высоким содержанием органики (для биологической переработки)	550 - потери в процессе 200 - переработанные переговоры для депонирования 350	ТОС 18% вес. Высшая теплотворная способность 6 МДж/кг Плотность > 1,5 т/м <sup>3</sup> (влажный материал) Гидравлическая проводимость kf < 10 <sup>-8</sup> м/с	

Компост серого цвета. Можно ожидать, что медь и цинк будут находиться в любом компосте, так как они являются растительными микронутриентами. Другие тяжелые металлы будут связаны только с аэробным сбраживанием, или с добавкой потоков опасных отходов. В общем, металлы будут оставаться в почвенной фракции. Металлы будут биологически накапливаться в компостной фракции. Некоторые продукты, утилизируемые с помощью такой обработки, показаны в табл. 2.33.

**Таблица 2.33 ОБЗОР ПРОДУКТОВ МВТ ДЛЯ ОБРАБОТКИ БИОРАЗЛАГАЕМЫХ МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОТХОДОВ**

Утилизируемый продукт	Величина (т/т переработанных отходов)
Утилизация питательных веществ	2,5-10 кг N/т утилизированных биоотходов
0,5-1 кг P/т утилизированных биоотходов	
1-2 кг K/т утилизированных биоотходов	
Утилизация энергии	Вероятно, (например, с помощью процессов стабилизации в сухом состоянии/разделения для производства RDF). В зависимости от конфигурации установки RDF может быть (обычно) 0,2-0,5 т, с теплотворной способностью около 15-20 МДж/кг (иногда выше). Кроме того, в некоторых конфигурациях в процессах сбраживания может использоваться энергия от разрушения биоразлагаемой фракции (может быть >100 кВт·час в зависимости от состава)
Общие твердые остатки в зависимости от отходов (т/т отходов)	0,7-0,9
Качественные продукты для рециклинга (утилизации)	Металлы (0,05)
Другие остаточные продукты для повторного использования с ограничениями	RDF (0,3-0,4)
Стабилизированная органическая фракция (0,07-0,2)	
• респираторная активность (A T4): <5-7 мг O <sub>2</sub> /г TS	
• образование газа: GB21 <sup>33</sup> <20 мг/г TS	
Остатки для депонирования или другой переработки отходов	Тяжелые и легкие отбросы (0,2-0,4)

<sup>33</sup>Тест на анаэробную ферментацию в течение 21 дня.

Характеристики продукта аэробного разложения таковы: из одного кг обработанных отходов потенциально выделяется общая нагрузка в 1-3 г ХПК, 0,5-1,5 г ТОС и 0,1-0,2 г NH-N в фильтрате. Реальные цифры, очевидно, зависят от интенсивности и длительности переработки. В табл. 3.34 показаны потенциальные выбросы для компоста серого цвета с выделяемым газом и фильтратом.

Таблица 2.34 ДИАПАЗОН ПЕРЕНОСА ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА, АЗОТА И ХЛОРА С ГАЗОМ И ФИЛЬТРАТОМ

Потенциал выбросов	Единица	Непереработанные WSW	MSW, подвергнутые MBT
с газом: углерод	л/кг сухого вещества г C <sub>орг</sub> /кг сухого вещества	134-233 71,7-124,7	12-50 6,4-26,8
с фильтратом: TOC	г/кг сухого вещества	8-16	0,3-3,3
N	г/кг сухого вещества	4-6	0,6-2,4
Cl	г/кг сухого вещества	4-5	4-6

Примечание: минимальные значения представляют степень стабилизации, достигаемую более современными MBT

Таблица 2.34.1 БИОЛОГИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА, ПРИМЕНЯЕМАЯ ДЛЯ ЗАГРЯЗНЕННОЙ ПОЧВЫ

Соединение	Начальная концентрация		Конечная концентрация		Удаление <sup>(a)</sup>	
	Твердые (мг/кг)	Суспензия (мг/кг)	Твердые (мг/кг)	Суспензия (мг/кг)	Твердые (%)	Суспензия (%)
Фенол	14,6	1,4	0,7	<0,1	95,2	92,8
Пентахлорфенол	687	64	12,3	0,8	98,2	92,8
Нафталин	3670	343	23	1,6	99,3	99,5
Фенантрен и антрацен	30700	2870	200	13,7	99,3	99,5
Флуорантен	5470	511	67	4,6	98,8	99,1
Карбазол	1490	139	4,9	0,3	99,7	99,8

Примечание: Переработка проводится с использованием реактора 190м<sup>3</sup>

<sup>(a)</sup> Включен объединенный эффект испарения и биоразложения

### 2.1.3. Уровни потребления и воздействия при физико-химической обработке отходов

В этом разделе содержатся данные об уровнях потребления и воздействия при физико-химической обработке, обсужденной в Разделе 2.3. Данные виды обработки охватывают широкий диапазон типовых процессов и широкий диапазон отходов.

Структура каждого из последующих подразделов в данном разделе та же самая, что и структура в Разделе 2.3. Выбросы, связанные с дополнительной обработкой, например, работой перегрузочных станций, рассмотрены в Разделе 3.1.

#### 2.1.3.1. Поступающие отходы

Сточные воды. Сточными водами, очищаемыми в рамках физико-химической обработки, являются:

- основные потоки отходов – это неорганические кислоты и щелочи и промывная вода от них вместе с отходами от очистки, промывки и отводных коллекторов;
- отходы химической промышленности – они могут включать в себя потоки водных спиртов/гликолей и промывочную воду технологических процессов;

- (возможно) отходы очистки с низкими уровнями хлорированных соединений, такими как дихлорметан или фенольные соединения. В моющей воде от пищевой промышленности также могут содержаться эти соединения;

- водные отходы, содержащие растворители;
- отходы с высоким содержанием азота;
- отходы, содержащие фосфор;
- случайные неорганические отходы, например, отходы, содержащие мышьяк;

- отходы цианидов – обычно эти отходы должны состоять из твердых или жидких солей цианидов, например, цианида натрия от поверхностной обработки металлов. Они могут также находиться в отходах печатания, обычно как цианид серебра. Примеры растворов для нанесения покрытий на основе цианидов включают в себя цианиды меди, цинка и кадмия;

- отходы проявления (отходы фотографии) - обычно включают в себя растворы с высоким содержанием солей аммония;

- сточные воды от фрезерования; отработанные масла; стоки от органических химических процессов; вода и пар от процессов обезжиривания.

Без претензий на подробности и (или) индивидуальные и особые случаи основные источники отходов, обрабатываемых на установках для физико-химической обработки, указаны в табл. 3.36.

**Таблица 2.36 ТИПЫ ОТХОДОВ, КОТОРЫЕ МОЖНО ОБРАБОТАТЬ НА УСТАНОВКАХ ДЛЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ**

Глава EWL <sup>34</sup>	Название	Перечень EWL
06	Отходы от процессов неорганической химии	0601 отработанные кислотные растворы 0602 отработанные щелочные растворы 0603 отработанные соли и их растворы 0604 отходы, содержащие металлы 0605 осадки от очистки стоков на участке
07	Отходы от процессов органической химии	0701 отходы от производства, подготовки, поставки и использования (MSFU) основных органических химикатов 0702 отходы от MSFU пластмасс, синтетической резины и искусственных волокон 0706 отходы от MSFU масел, жиров, мыл, моющих средств, дезинфицирующих средств и косметики
11	Неорганические отходы, содержащие металлы от металлообработки и покрытий металлов; цветной гидрометаллургии	1101 жидкие отходы и осадки от обработки металлов и покрытий металлов (например, гальванических процессов, процессов оцинкования, травления, гравировки, фосфатирования, щелочного обезжиривания)
12	Отходы от фрезерования и поверхностной обработки металлов и пластмасс	1201 отходы от формования (включая ковку, сварку, прессование, волочение, точение, фрезерование и шлифование) 1202 отходы от механической поверхностной обработки (пескоструйная обработка, шлифование, хонингование, доводка, полировка) 1203 отходы от процессов обезжиривания воды и пара

Глава EWL <sup>34</sup>	Название	Перечень EWL
13	Отработанные масла	1304 судовые масла 1305 содержимое сепараторов для разделения нефти и воды
19	Отходы от установок по обработке отходов, установок для очистки сточных вод за пределами участка и водного хозяйства	1908 отходы от установок для очистки сточных вод, не определенные в других местах

<sup>34</sup>Европейский перечень отходов.

Большую долю (85-95%) от установок для физико-химической обработки отходов составляют установки для обработки сточных вод.

Морские сточные воды. Большая часть морских сточных вод загрязнена нефтепродуктами, органическими веществами и твердыми материалами (например, осадками). Содержание тяжелых металлов, солей и других неорганических веществ в водной и масляной фракциях является относительно низким. В табл. 3.37 приведены критерии приема сточных вод для обработки на установках флокуляции/флотации и биологической обработки.

**Таблица 2.37 КРИТЕРИИ ПРИЕМА СТОЧНЫХ ВОД ОТ МОРСКИХ СУДОВ ДЛЯ ОБРАБОТКИ НА УСТАНОВКАХ ФЛОКУЛЯЦИИ/ФЛОТАЦИИ И БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ**

Компонент	Предельное значение для приема (мг/л)	Предельное значение для переработки (мг/л)	Перечень политики смешивания*
PCB	Предел определения	Предел определения	X
Диоксины	Предел определения	Предел определения	X
Пестициды	Предел определения	Предел определения	X
Оловоорганические соединения	Предел определения	Предел определения	X
Бромированные сложные дифенилэфиры	Предел определения	Предел определения	X
Ингибитор дыхания (зерна)	10%	10%	
Общий азот (по Кьейдалю)	для обсуждения	500	
CN	для обсуждения	5	
Фенол	для обсуждения	1500	
Летучие органические соединения	100	20	
ЕОХ (экстрагируемые органические галогены)	10	5	X
Cd	0,1	0,1	X
Hg	0,01	0,01	X
Общие тяжелые металлы	25	25	X

Среди твердых отходов и осадков, обрабатываемых с помощью физико-химических методов, следует отметить:

- асбест;
- шлак или нелетучий остаток от процессов сжигания;
- отходы FGT (например, зола после сжигания твердых коммунальных отходов, больничных отходов или промышленных отходов);
  - осадки, подлежащие стабилизации. В осадках от химической промышленности могут содержаться сульфаты и органические соли;
  - стабильные отходы;
  - осадки от обработки сточных вод (муниципальных или промышленных);
  - остатки металлургической промышленности (пыль, шлак, шлаки). В них может быть высокое содержание Cr (VI);
  - отработанные катализаторы;
  - остатки красок;
  - минеральные остатки от химической обработки;
  - отходы, содержащие кислые и растворимые соединения;
  - остатки с высоким содержанием мышьяка от химической, металлургической или горноперерабатывающей промышленности;
  - загрязненная почва.

В соответствии с договоренностями, достигнутыми в отношении оценки индикаторов для загрязнения почвы [99, Fons-Esteve, et al., 2002], имеется три основных индикатора, используемых для установления того, загрязнена почва или нет. Это обычно подкисление, эвтрофикация (обычным индикатором является содержание азота) и содержание тяжелых металлов (например, ртути). В загрязненной почве могут содержаться горные породы, кирпичи и арматура, которые могут повредить оборудование, используемое для обращения с материалами, если их не удалить.

**Таблица 2.38 ХАРАКТЕРИСТИКИ ОСТАТКОВ ОТ УСТАНОВОК ДЛЯ СЖИГАНИЯ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ**

Свойства	Соединения	Значения
pH		11 – 12,5 - 13
Содержание растворимых солей	Cl, сульфаты	До 70% (электропроводность 15000-27000-37000 МкСм/см)
Тяжелые металлы	Pb, Zn, Cd, Cr	До нескольких %
Инертные соединения	Кремнезем, оксид алюминия, известь	
Мелкозернистые частицы		<100 мкм
Плотность		Низкая (0,4-0,6)
Гигроскопичный материал	Соли, избыточное содержание извести	
Испытания на выщелачиваемость перед обработкой	Растворимые Cr Cd Pb Zn As	10-80% 1,5-8 частей на млн. 1-500 частей на млн. 1-1400 частей на млн. 1-10000 частей на млн. 1-50000 частей на млн.

Обычными компонентами шлака/нелетучего остатка от сжигания твердых коммунальных отходов являются силикаты, соединения щелочноземельных металлов, хлориды, сульфаты, цветные металлы (например, As, Cd, Cu, Pb), черные металлы и тяжелые металлы. Основными составляющими являются минеральная фракция, несгоревшая фракция и металлолом.

Таблица 2.39 ОСНОВНЫЕ КОМПОНЕНТЫ ШЛАКА/НЕЛЕТУЧЕГО ОСТАТКА

Категории	Процент по весу (%)
Минеральная фракция	85-90
Несгоревшая фракция	1-5
Металлолом	7-10

Таблица 2.40 ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ НЕЛЕТУЧЕГО ОСТАТКА ПОСЛЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ СЖИГАНИЯ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ

Значения в вес.%	Шлак/нелетучий остаток (свежий)			Шлак/нелетучий остаток после хранения (время старения 3 мес.)		
	Минимальное	Среднее	Максимальное	Минимальное	Среднее	Максимальное
SiO <sub>2</sub>	42,91	49,2	64,84	39,66	49,2	60,39
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9,74	12	13,71	8,41	12,7	17,81
CaO	10,45	15,3	21,77	10,42	15,1	23,27
K <sub>2</sub> O	0,83	1,05	1,36	0,84	0,91	1,42
TiO <sub>2</sub>	0,65	1,03	1,33	0,65	0,88	1,12
MnO	0,06	0,14	0,22	0,1	0,17	0,26
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,58	8,5	10,79	7,43	8,83	10,45
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,55	0,91	1,49	0,5	1,04	2,61
MgO	1,79	2,69	3,4	1,84	2,59	3,51
Na <sub>2</sub> O	1,86	4,3	5,81	2,05	4,15	7,49
Карбонаты	2,56	5,91	10,96	5,59	5,83	7,62
Сульфаты	2,5	15,3	28,3	5,8	12,5	22,5
Cl	1,3	3,01	7	1,5	2,71	4,6
Cr (частей на млн.)	174	648	1035	295	655	1617
Ni (частей на млн.)	55	215	316	90	165	260,2
Cu (частей на млн.)	935	2151	6240	1245	2510	5823
Zn (частей на млн.)	1200	2383	4001	1795	3132	5255
Pb (частей на млн.)	497	1655	3245	1108	2245	3900

В следующих табл. 2.41 и 2.42 приведены некоторые обычные значения параметров нелетучего остатка после процесса сжигания, с данными от двух различных установок.

**Таблица 2.41 ОБЫЧНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ НЕЛЕТУЧЕГО ОСТАТКА ПОСЛЕ ПРОЦЕССА СЖИГАНИЯ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ**

Значения	Pb	Cr	Cu	Cd	As	Zn	Hg	Ni
Минимальное	0,6	0,1	0,2	0,0001	0,003	0,5	0,07	
Среднее	1,6	0,5	2,2	0,021	0,012	4,8	0,7	
Максимальное	5,2-6	2-9,6	7	0,02-0,08	0,022	10-21	2	0,5

Значения в г/кг нелетучего остатка

**Таблица 2.42 МЕТАЛЛЫ В НЕЛЕТУЧЕМ ОСТАТКЕ И ЛЕТУЧЕЙ ЗОЛЕ УСТАНОВОК ДЛЯ СЖИГАНИЯ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ**

Металл	Нелетучий остаток (шлак) (частей на млн.)	Нелетучий остаток <sup>1</sup> (шлак) (частей на млн.)	Летучая зола и остатки от сухого и полусухого процесса (частей на млн.)	Смесь летучей золы и шлама от процесса мокрой очистки (частей на млн.)
Cd	0,3-70,5	0,01-0,1	1-10	<0,001
Cr	23-3170	0,001-0,01	1-10	0,01-0,1
Hg	0,02-7,75	0,001-0,01	<0,001	<0,001
Pb	98-13700	1-10	10000-100000	0,001-0,01

190

При сжигании угля образуется два типа угольной золы. Классическая летучая зола состоит главным образом из несгоревших элементов и несгоревших твердых частиц, и содержит в среднем 50% кремнезема, 25-30% оксида алюминия, 8% оксидов железа (содержащих Ca, K, Mg, Na, Ti и следы As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Se, Zn). Другой тип летучей золы состоит из силикатно-известковых зол, которые образуются в системах очистки выбросов от твердых частиц и оксида серы. Эти золы богаты сульфатом кальция. Больше информации можно найти в BREF по крупным установкам для сжигания.

В золе от сжигания котельного топлива обычно содержится сера, ванадий и никель. Такая зола также характеризуется высоким содержанием несгоревшего углерода, обычно 60%, но может быть и 80%. Больше информации можно найти в BREF по крупным установкам для сжигания.

Асбест. В табл. 2.43 приведен разброс состава различных типов асбеста.

**Таблица 2.43 СОСТАВ АСБЕСТА**

Значение в %	Хрупкий асбест	Асбоцемент	Значение в %	Хрупкий асбест	Асбоцемент
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,16-1,57	1,08-2,60	MnO	0,04-0,18	0,01-0,2
CaO	2,86-3,89	7,53-36,20	Na <sub>2</sub> O	0,41-0,73	0,01-0,14
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,43-8,17	0,55-11,85	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,16-0,22	0,02-0,20
FeO	0,00	0,00	SiO <sub>2</sub>	12,04-16,10	20,87-60,01
K <sub>2</sub> O	0,02-0,26	0,39-0,43	TiO <sub>2</sub>	0,02-0,06	0,09-0,23
MgO	69,00-78,49	1,22-56,13	Потери на прокаливание <sup>1</sup>	48,47-51,53	17,96-44,35

<sup>1</sup>Индикатор содержания органики в пробе

Высокотемпературная сушка. На установке для сушки выполняется предварительная обработка водных пастообразных отходов, таких как шламы с гидроксидами металлов или лакообразные осадки и шламы от краски.

Термическая дистилляционная сушка. Данным методом обрабатываются твердые/пастообразные опасные отходы, в которых содержатся значительные количества свободных или связанных жидкостей. Они обрабатываются для того, чтобы получить определенные твердые продукты.

В дополнение к этому, могут также обрабатываться распределители потребленного тепла или аэрозольные баллончики. Распределители потребленного тепла используются для измерения потребленной тепловой энергии. Они состоят в основном из стеклянной трубки и метилбензоата в качестве испаряющейся среды. Высушенный остаток (стеклобой) распределителей потребленного тепла можно переплавить на соответствующих сталеплавильных заводах или использовать в дорожном строительстве. Конденсат от процесса сушки можно подвергать рециклингу, т.е. повторно использовать для производства распределителей потребленного тепла.

Поступающие отходы для установок по обработке специальных отходов. Гидрогенизация СОЗ. Согласно данным Министерства энергетики США, эта система может применяться для обращения с большинством типов отходов, включая фильтрат полигонов, донные осадки прудов-отстойников, почвы, осадки, жидкости и газы. Однако Министерство энергетики США предупреждает, что при этом в отходящих газах необходимо контролировать побочные продукты и промежуточные продукты восстановления. Министерство энергетики США также отмечает необходимость определения судьбы ртути и других летучих неорганических соединений.

Процесс не является дискриминационным; т.е. такие органические молекулы как ПХБ, РАН, хлорфенолы, диоксины, хлорбензолы, пестициды, гербициды и инсектициды количественно превращаются в метан.

Сверхкритическое водяное окисление. Министерство окружающей среды Австралии сообщает, что технология ограничена переработкой отходов, которые либо являются жидкими, либо имеют размер частиц менее 200 мкм, и что она более всего применима к отходам с содержанием органических веществ менее, чем 20%.

Сверхкритическое водяное окисление применяется для широкого круга материалов, например, потоков водных отходов, осадков, загрязненных почв, промышленных органических химикатов, пластмасс, синтетических красок и родственных материалов, промышленных органических веществ, сельскохозяйственных удобрений, взрывчатых веществ, нефтепродуктов и продуктов на основе угля, а также резины и пластмассовой продукции. Оно применимо для обработки ряда загрязняющих веществ, включая сточные воды производства акрилонитрила, сточные воды с цианидами, сточные воды с пестицидами, ПХБ, галогенированными алифатическими и ароматическими соединениями, ароматическими углеводородами, МЕК (метилэтилкетон) и органическими соединениями азота.

Метод сольватированных электронов. В табл. 2.44 показаны хлорированные отходы, поступающие на обработку методом сольватированных электронов, а также целевые отходы, остающиеся после обработки.

**Таблица 2.44 ЦЕЛЕВЫЕ ОТХОДЫ И ВАРИАНТЫ ИХ РАЗМЕЩЕНИЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МЕТОДА СОЛЬВАТИРОВАННЫХ ЭЛЕКТРОНОВ**

Перерабатываемый материал	Продукты	Варианты размещения
Концентрированные РСВ	Бифенил, Ca(OH) <sub>2</sub> , CaCl <sub>2</sub>	Депонирование в качестве солей
PCB в почве	Бифенил, Ca(OH) <sub>2</sub> , CaCl <sub>2</sub> , чистая почва	Возвращение в почву
PCB на поверхности	Бифенил, Ca(OH) <sub>2</sub> , CaCl <sub>2</sub>	Сбор солей и депонирование
Смесь PCB/масел	Бифенил, Ca(OH) <sub>2</sub> , CaCl <sub>2</sub> , масла	Повторное использование масел, депонирование солей
Концентрированный гексахлорбензол	Бензол, NaCl, NaOH	Отделение бензола и депонирование солей
Гексахлорбензол в почве	Бензол, NaCl, NaOH, чистая почва	Отделение бензола и возврат почвы с солями

### 2.1.3.2 Потребление ресурсов и реагентов при физико-химической обработке

192

Сточные воды. В табл. 2.45 показаны основные потребляемые реагенты для некоторых видов физико-химической обработки загрязненных вод.

**Таблица 2.45 ЗАТРАТЫ НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКУЮ ПЕРЕРАБОТКУ СТОЧНЫХ ВОД**

Параметр	Годовое потребление (т/год)*	Удельное потребление - (кг/т обрабатываемых отходов)*	Годовое потребление для неорганического направления (т/год)	Годовое потребление для органического направления (т/год)	Годовое потребление для очистки сточных вод (т/год)	Годовое потребление на установках для обработки лака (т/год)	Годовое потребление лабораториями химической обработки (т/год)
Средняя производительность	45000		20000	66000	30000	Лак: 15000 Растворители: 15000 Лаковая пудра: 1000	1000
Среднее потребление кислот	230 <sup>1</sup>	5,1	HCl: 69 Серная: 48	HCl: 8 Фосфорная: 8	HCl: 39,4		0,5
Известь	590 <sup>1</sup>	13,1	1023		50		10
Флокулянт	290	6,4		8	16		
Другие химикаты <sup>2</sup>		0,4-3,0					
Сульфит натрия			10,2		2		
Потребление воды			759	9900	1788	2700	

Параметр	Годовое потребление (т/год)*	Удельное потребление - (кг/т обрабатываемых отходов)*	Годовое потребление для неорганического направления (т/год)	Годовое потребление для органического направления (т/год)	Годовое потребление для очистки сточных вод (т/год)	Годовое потребление на установках для обработки лака (т/год)	Годовое потребление лабораториями химической обработки (т/год)
Потребление энергии				275 кВт	369 МВт-ч	Котельное топливо: 1139м <sup>3</sup> Электроэнергия: 189 МВт-ч	
Сточные воды			11573	48348	12687		250
Перекись водорода			6,2				0,1
Гипохлорит натрия			4,9				
Раствор хлорида железа				118			
Оксид железа					65,8		
Гидроксид натрия				110			1
Активированный уголь				6			
Перманганат калия					0,4		
Разделяющие добавки					25		
Сульфаминовая кислота					n.a.		

Примечания:\* Данные основаны на сведениях от операторов установок для физико-химической переработки с общей производительностью 850 тыс. т/год. Данные соответствуют 2001 г. Средний возраст установок около 17 лет (от 4 до 39 лет). Приблизительно 84% (от 73 до 91%) всех установок для физико-химической переработки принимаемых отходов, рассматриваемых здесь, можно отнести к группам EWL 11, 12, 13 и 16.

<sup>1</sup>Значения не включают в себя отработанных кислот или отработанных щелочей, принимаемых и используемых

<sup>2</sup>Химикаты для дезактивации, органического разрушения эмульсий, сорбции, осаждения сернистых соединений

Общее удельное потребление на тонну очищаемых сточных вод составляет примерно 0,4 м<sup>3</sup>. В табл. 2.46 показано потребление химикатов и некоторые уровни их потребления для дезактивации, нейтрализации и обезвоживания для удаления металлов.

**Таблица 2.46 ПОТРЕБЛЕНИЕ ХИМИКАТОВ И НЕКОТОРЫЕ УРОВНИ ПОТРЕБЛЕНИЯ ДЛЯ ДЕЗАКТИВАЦИИ, НЕЙТРАЛИЗАЦИИ И ОБЕЗВОЖИВАНИЯ ДЛЯ УДАЛЕНИЯ МЕТАЛЛОВ ИЗ СТОЧНЫХ ВОД**

Химикаты	Потребление
Известь или гидроксид натрия для нейтрализации/осаждения	(NaOH 50%) 120 л/м <sup>3</sup> сточных вод
Серная или соляная кислота для подкисления	(HCl 30%) 10 л/м <sup>3</sup> сточных вод
Гипохлорит (окисление цианидов)	
Сульфат железа (II) или бисульфит натрия (восстановление Cr <sup>6+</sup> до Cr <sup>3+</sup> )	
Сульфат или хлорид алюминия (флоккуляция)	
Хлорид железа (III) (флоккуляция)	
Сульфид натрия (осаждение)	0,3 кг/м <sup>3</sup> сточных вод
Материалы для улучшения осаждения, флоккуляции, коагуляции и сложного разрушения	

Осаждение/флоккуляция. Следующие неорганические материалы используются главным образом при осаждении/флоккуляции:

- едкий натр;
- поташ (карбонат натрия);
- известь;
- хлорид железа (II);
- хлорид железа (III);
- сульфаты алюминия;
- сульфиды.

Синтетические флоккулянты используются также для улучшения образования хлопьев и характеристик осаждения. Они состоят в основном из неионных полимеров, анионных полимеров, катионных полимеров и сополимеров ионных и неионных соединений.

В табл. 2.47 показаны химикаты, используемые для осаждения растворимых тяжелых металлов; эта информация относится к химически чистым химикатам. На практике может оказаться, что количества, которые требуются, могут быть на 10-20% больше. Величины осаждения для различных металлов показаны в табл. 2.48.

**Таблица 2.47 ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ПОТРЕБЛЕНИЕ ЩЕЛОЧЕЙ ПРИ ОСАЖДЕНИИ НА 100 Г МЕТАЛЛА**

Используемые щелочи (г)	Осаждаемые металлы					
	Fe (II)	Fe (III)	Cu	Ni	Cr	Zn
CaO	100	150	88	96	162	86
Ca (OH) <sub>2</sub>	134	201	116	126	213	114
NaOH	144	216	126	136	231	122
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	190	285	168	181	307	162
Mg	73	110	63	69	117	62
Mg (OH) <sub>2</sub>	105	158	92	100	169	90

Таблица 2.48 ДИАПАЗОН ЗНАЧЕНИЙ ОСАЖДЕНИЯ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ МЕТАЛЛОВ

Предельные значения pH	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Pb <sup>2+</sup> < 0,5 мг/л						■	■	■	■	■	■
Cd <sup>2+</sup> < 0,2 мг/л											
Ni <sup>2+</sup> < 0,5 мг/л								■	■	■	■
Zn <sup>2+</sup> < 2,0 мг/л							■	■	■	■	■
Fe <sup>2+</sup> < 3,0 мг/л							■	■	■	■	■
Cu <sup>2+</sup> < 0,5 мг/л								■	■	■	■
Cr <sup>3+</sup> < 0,5 мг/л									■	■	■
Al <sup>3+</sup> < 3,0 мг/л			■	■	■	■	■	■	■	■	■
Sn <sup>2+</sup> < 2,0 мг/л											
Fe <sup>2+</sup> < 3,0 мг/л											
pH	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	

■ **A** – диапазон pH, в котором растворимость осадения гидроксида металла в растворе едкого натра лежит ниже значений, упомянутых в первом столбце

■ **B** – расширение этих диапазонов за счет использования известкового молока

■ **C** – расширение этих диапазонов за счет использования углекислого натрия

Осажденный осадок можно депонировать, если невозможен рециклинг. Обычно бывает необходимо обезвоживание. Материалы, подвергаемые осадению/флоккуляции, должны выбираться так, чтобы они соответствовали используемому процессу обезвоживания. Осадок, образующийся из материалов, содержащих алюминий, обычно имеет плохие характеристики обезвоживания.

Осаждение/флоккуляция представляет собой реакцию и (или) сочетание реакций, которые по существу зависят от величины pH. Таким образом, самым важным контрольным параметром является величина pH. Так как сточные воды, образующиеся при осадении/флоккуляции, сбрасываются в системы канализации, должны выполняться определенные критерии. Для того чтобы поддерживать эти значения, после флоккуляции и осадения должны выполняться дополнительные стадии и процедуры для очистки сточных вод.

Таблица 2.49 ПОТРЕБЛЕНИЕ ХИМИКАТОВ ДЛЯ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ РЕАКЦИЙ

Окислительно-восстановительная реакция	Окислитель или восстановитель	pH	Наблюдения
Окисление цианидов и нитритов	Гипохлорит натрия (NaOCl) или газообразный хлор	Для CN: 10 Для NO <sub>2</sub> : 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>реакция относительно быстрая</li> <li>относительно высокая степень кристаллизации получающихся сточных вод</li> <li>образование органических материалов, которые представлены как АОХ (Примечание: предельное значение АОХ = 1 мг/л в сточных водах, сбрасываемых в систему канализации)</li> </ul>

Окислительно-восстановительная реакция	Окислитель или восстановитель	pH	Наблюдения
Окисление цианидов и нитритов	Перекись водорода (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	Для CN: 10 Катализатор: Fe (II) – соли Для NO <sub>2</sub> : 4	<ul style="list-style-type: none"> <li>реакция относительно медленная</li> <li>пренебрежимая кристаллизация сточных вод</li> <li>не образуются новые материалы типа АОХ</li> <li>образование ила вследствие наличия катализатора (соли FeII)</li> <li>образование пены (в частности, при наличии органических материалов)</li> </ul>
Окисление нитритов	Сульфаминовая кислота (NH <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> H)	4	<ul style="list-style-type: none"> <li>реакция замедленная</li> <li>образование сульфатов</li> <li>образование элементарного азота</li> </ul>
Окисление хроматов	Бисульфит натрия (NaHSO <sub>3</sub> )	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>быстрая реакция</li> <li>кристаллизация сточных вод</li> <li>образование ила</li> </ul>
Восстановление хроматов	Диоксид серы (SO <sub>2</sub> )	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>быстрая реакция</li> <li>небольшая засоленность сточных вод</li> <li>небольшое образование ила</li> </ul>
Восстановление хроматов	Дитионит натрия (Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>4</sub> )	Не зависит от pH	<ul style="list-style-type: none"> <li>быстрая реакция</li> <li>приводит к засолению сточных вод</li> <li>образование ила</li> </ul>
Восстановление хроматов	Сульфат железа (II) или хлорид (FeSO <sub>4</sub> /FeCl <sub>2</sub> )	3	<ul style="list-style-type: none"> <li>быстрая реакция</li> <li>приводит к кристаллизации сточных вод</li> <li>образование ила</li> </ul>

196

Сорбция (адсорбция/абсорбция). В табл. 3.50 содержится информация о различной поглотительной способности различных сорбентов. Примечательным является большой диапазон действия активированного угля. Поэтому важной задачей является создание реактора и технологии установки для надежного отделения материала от данного адсорбента. При обработке смесей материалов эффект и (или) эффективность адсорбентов определяется обычно с помощью эксперимента.

Таблица 2.50 ФИЗИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ АДОРБЕНТОВ

ТИП	Характеристики			
	Удельная поверхность (м <sup>2</sup> /г)	Объем микропор (мл/г)	Объем макропор (мл/г)	Кажущийся вес (г/л)
Угльное зерно для очистки воды	500-800	0,3-0,6	0,3-0,4	300-500
Порошкообразный уголь для обесцвечивания	700-1400	0,45-1,2	0,5-1,9	250-500
Микропористый силикагель	600-850	0,35-0,45	<0,1	700-800
Крупнопористый силикагель	250-350	0,3-0,45	0,05-0,1	400-800
Алюмогель	300-350	0,4	Приблизительно 0,1	700-800
Адсорбирующая смола	400-500			650-700

Таблица 2.51 ОБЗОРТИПОВ ИОНООБМЕННЫХ СМОЛИ И ИХ СВОЙСТВ

Ионообменные смолы	Стабильность		Регенируемое вещество г/л смолы
	pH	°C	
Слабая кислота, катионообменная смола в ионной форме: H <sup>+</sup> , PF <sup>+</sup> или H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1-14	75-120	HCl: 70-140
Сильная кислота, катионообменная смола в ионной форме: H <sup>+</sup>	1-14	120	HCl: 80
Слабое основание, анионообменная смола в ионной форме: OH <sup>-</sup> , Cl <sup>-</sup>	1-14	70-100	NaOH: 60
Сильное основание, анионообменная смола в ионной форме: OH <sup>-</sup> , Cl <sup>-</sup>	1-12	35-70	NaOH: 80

Морские сточные воды. Для избегания замораживания емкостей и трубопроводов необходим их нагрев. Также, тепло требуется для приготовления химикатов, для улучшения процессов разделения и для других процессов. Количество потребляемой энергии зависит от климатических условий.

Для насосов, компрессоров и других устройств требуется электроэнергия. Дальнейшие различия в потреблении энергии могут быть вызваны различием в объемах емкостей для хранения или применении испарения.

Общее потребление тепловой энергии для обработки куба сточных вод - от 140 до 490 МДж/м<sup>3</sup>. Общее потребление электроэнергии - от 65 до 170 МДж/м<sup>3</sup> сточных вод. Данные по потреблению энергии включают в себя другие виды деятельности, такие как очистка емкостей. Это означает, что имеется переоценка в потреблении энергии, необходимой непосредственно для физико-химической или биологической обработки куба сточных вод.

Для некоторых стадий обработки используются химикаты, например, щелочи, кислоты, флокулянты и коагулянты, активированный уголь и кислород. Использование отработанных кислот и щелочей снижает потребление основных химикатов. В табл. 2.52 представлены некоторые данные о потреблении химикатов.

Таблица 2.52 ДАННЫЕ О ПОТРЕБЛЕНИИ ХИМИКАТОВ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ СТОЧНЫХ ВОД ОТ МОРСКИХ СУДОВ И СХОДНЫХ ОТХОДОВ

Химикат	Потребление (кг/м <sup>3</sup> сточных вод)	Комментарии
Щелочи	2-3	
Кислоты	0-1	Зависит от использования отработанных кислот
Флокулянты/коагулянты	1-7	
Кислород	5	Зависит от использования воздуха или кислорода
Активированный уголь	0,04	

Вода требуется в центрифугах и для приготовления химикатов. Использование стока от биологической обработки снижает потребление воды.

Твердые отходы и осадки. В табл. 2.53 и 2.54 показаны значения потребления ресурсов для установок, предназначенных для обработки почвы с помощью промывки.

**Таблица 2.53 ПОТРЕБЛЕНИЕ РЕСУРСОВ НА УСТАНОВКАХ ПРОМЫВКИ ПОЧВЫ**

Потребление	Используется для	Значение
Электроэнергия	Насосов и установок для абразивной обработки	15-25 кВт-час на тонну переработанной почвы
Химикаты	Очистки от загрязняющих веществ. Некоторые химикаты (такие как флокулянты) обычно используются на всех установках	3-5 кг на тонну сухого осадка
Вода	Главным образом вследствие потерь воды с остаточным фильтратом	0,1-0,3 т на тонну перерабатываемой почвы

**Таблица 2.54 ПОТРЕБЛЕНИЕ НА УСТАНОВКАХ, ОБРАБАТЫВАЮЩИХ ЗАГРЯЗНЕННУЮ ПОЧВУ С ПОМОЩЬЮ ПРОМЫВКИ**

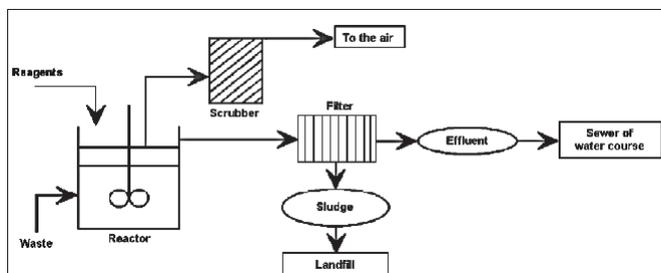
Производительность	т/год	68000
Потребление топлива	МДж/год	0
Потребление электроэнергии	МВт-час/год	900
Удельное потребление электроэнергии	кВт-час/год	13,235
Потребление тепловой энергии	МВт-час/год	0
Охлаждение	МДж/год	0
Химикаты	Гидроксид натрия, антивспенивающие продукты, полиэлектролиты	

### **2.1.3.3 Негативные воздействия при физико-химической обработке отходов**

#### **2.1.3.3.1 Негативные воздействия при физико-химической очистке сточных вод**

При физико-химической очистке сточных вод образуется поток очищенной от загрязнений воды, которая соответствует так называемому потоку отходов после обработки. Анализ этого потока приведен в Разделе 2.1.3.4. На следующих двух рисунках (рис. 2.3. и А2.4) экстраполируются схемы, приводящие к негативным воздействиям при физико-химической очистки сточных вод.

**Рисунок 2.3 ПОТОКИ ОСНОВНЫХ ВЫБРОСОВ И СБРОСОВ ПРИ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЙ ОЧИСТКЕ СТОЧНЫХ ВОД**

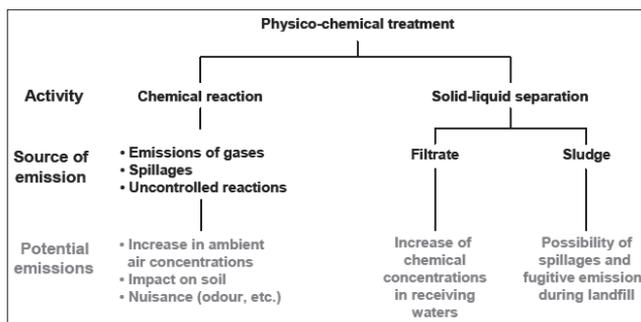


Пояснения к рисунку:

Reagents – реагенты; Waste – отходы; Reactor – реактор; Scrubber – скруббер; To the air – ввоздух;

Filter – фильтр; Sludge – осадок; Landfill – полигон; Effluent – сток; Sewer or watercourse – канализация или водоем

**Рисунок 2.4 ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ НЕГАТИВНЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРИ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ**



Примечание: некоторые из этих выбросов появляются только после неудовлетворительной физико-химической очистки

Пояснения к рисунку:

Physico-chemical treatment – физико-химическая переработка (очистка); Activity – деятельность; Chemical reaction – химическая реакция; Solid-liquid separation – разделение жидкой и твердой фазы; Source of emission – источник выбросов; Emissions of gases – выбросы газов; Spillages – проливы; Uncontrolled reactions – неконтролируемые реакции; Filtrate – фильтрат; Sludge – осадок; Potential emissions – потенциальные выбросы; Increase in ambient air concentrations – рост концентраций в окружающем воздухе; Impact on soil – воздействие на почву; Nuisance (odour, etc.) –; Increase of chemical concentrations in receiving waters – рост концентраций химикатов в принимаемых водах; Possibility of spillages and fugitive emissions during landfill – возможность проливов и неорганизованных выбросов при депонировании

Выбросы в воздух. Некоторые органические соединения могут перемещаться через установку без удаления, и в конечном итоге оказываются в конечном осадке или стоке, в то время как другие соединения могут испаряться в течение экзотермических реакций или нейтрализации, либо в течение прессования осадка. В некоторых органических отходах, например, в смазочных маслах, содержатся нафталин, ВТЕХ, фенолы, медь и азот, и они могут приводить к выбросам аммиака и ксилола в воздух при отделении масла от воды, или к повышенному уровню загрязнения конечного стока с участка. Выбросы от сточных вод, содержащих растворители, могут происходить вследствие воздействия

тепла, выделяемого в процессе. Для отходов с высоким содержанием азота характерна возможность выбросов аммиака в воздух.

Некоторыми материалами, проходящими через установку (обычно не улавливаемыми с помощью физико-химических процессов), являются ТОС/ХПК, дихлорметан, фенол, ВТЕХ и нафталин, связанные с отходами от подготовки масел.

Выбросы в воздух от индивидуальных установок зависят от используемой системы очистки выбросов. На очень небольшом количестве установок имеются работающие программы мониторинга, с помощью которых можно количественно определить выбросы в воздух. Хотя при отсутствии программ мониторинга имеются трудности в количественном определении выбросов, можно видеть, что если обработка проводится в закрытой емкости и при наличии системы сбора и очистки воздуха, эти выбросы снижаются. Такие проблемы, как наличие в отходах органических растворителей с низкими концентрациями, не всегда могут быть учтены операторами установок, но они являются важными для окружающей среды, так как могут приводить к значимым выбросам в воздух в течение процесса.

Выбросы в воздух могут быть связаны с быстрыми изменениями pH, быстрым ростом температуры и интенсивным перемешиванием. На большинстве установок будут выделяться летучие органические соединения из отходов вследствие нагрева при смешении, перемешивания или прессования осадка или при сушке. Всегда также имеется возможность выделения продуктов промежуточных реакций. Выбросы металлов в воздух можно оценить с помощью результатов анализов. К неконтролируемым выбросам также относится испарение растворителей при смешивании твердых и жидких фракций или перемешивании осадков в открытых емкостях.

Выбросы органических соединений могут появляться при смешивании потоков обрабатываемых отходов.

**Таблица 2.55 ВЫБРОСЫ В ВОЗДУХ ОТ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД**

Параметры выбросов в воздух	Измеренные среднегодовые значения выбросов (мг/м <sup>3</sup> )	Массовый расход (г/ч)
Расход отработанного воздуха	325 м <sup>3</sup> /т	
ТОС <sup>1</sup>	2,84-36	500 (534 кг/год)
Пыль	0,21	40,3 кг/год
ВТХ	4,9	
Бензол		2,5
HCN	<0,05-0,12	0,043-15
H <sub>2</sub> S	0,31	15
Cl <sub>2</sub>	<0,03	15
SO <sub>2</sub>	1,17	0,5
HCl	0,3	0,2
Hg	0,01	0,0034

Примечания: Данные основаны на данных от операторов установок для физико-химической переработки с общей производительностью 850 тыс. т/год. Данные относятся к 2001 г. Средний возраст установок составляет 17 лет (колеблется от 4 до 39 лет). Приблизительно 84% (от 73 до 91%) всех установок для переработки принимаемых отходов можно отнести к группам EWL 11, 12, 13, 16 и 19.

Выбросы отработанного воздуха, в общем, измеряются периодически. Измерения по существу делаются для контроля процесса, когда можно ожидать загрязнения отработанного воздуха в планируемых операциях, таких как испарений или окисление цианидов.

<sup>1</sup> Значения соответствуют мг углерода.

Выбросы от очистки морских сточных вод варьируются от 0,4 до 0,6 кг/м<sup>3</sup> сточных вод, если не применяется очистка отработанного воздуха. При биологической обработке образуются выбросы с запахом. На одной из установок сообщалось о среднем уровне выбросов 540 млн. единиц запаха/ч.

Сбросы в воду (больше информации можно найти в Разделе 2.3.4).

Сточные воды (если таковые имеются) обычно направляются в канализацию. Стоки химической промышленности, стоки с высоким содержанием азота (возможно, полигонный фильтрат) и стоки от утилизации/обработки масел требуют повышенного внимания. Стоки с высоким содержанием азота приводят к повышению вероятности выбросов закиси азота. Кроме того, в указанных потоках сточных вод обычно находятся металлы, аммиак и органические химические соединения.

Во всех случаях при согласованиях сбросов стоков требуется защита очистных сооружений от сбросов с установок. Это достигается путем учета на входе ХПК, рН, содержания нефтепродуктов, аммонийного азота, содержания металлов, сульфатов и сульфидов, а также дихлорметана (самого распространенного галогенированного чистящего соединения, вызывающего загрязнение промывных вод и коллекторов сточных вод). Также должен быть известен общий объем сбросов.

Хотя способы осаждения металлов достаточно эффективны, при обычном физико-химическом процессе (в рамках разрешения на промышленные стоки) в сбросе может быть от 1 до 3 т металлов ежегодно (реальное значение зависит от размера установки, количества и вида отходов). Например, при рассмотрении значений выбросов в табл. 3.69, и без учета Fe как металла, при объеме сточных вод 500000 м<sup>3</sup> будет достигнут верхний уровень диапазона. Это связано с твердыми частицами, переносимыми со стоком в процессе, и с неэффективностью стадии осаждения или выпадением в осадок осаждаемых металлов.

Для большинства участков отсутствуют данные по хлоридам, общему азоту и общему фосфору в сбросах в канализацию. Грубые расчеты показывают, что для участков, на которых имеются данные, сбросы бывают низкими, если только участок не специализируется на методах очистки фосфорной кислотой или на управлении потоками с высоким содержанием азота. Для большинства участков требуется проведение анализа аммонийного азота с тем, чтобы они могли обеспечить минимальное значение сбросов.

В процессе очистки сточных вод, смешанных с органическим материалом (например, смесь минеральных масел, синтетических масел, керосина, стоков коллектора сточных вод, алифатических углеводов, ароматических углеводов, спиртов, хлорированных растворителей, простых и сложных эфиров, альдегидов, кетонов, масел, воска, жиров), образуется примерно 836 кг сточных вод на тонну поступающих отходов, а также 5,5 кг осадка на тонну поступающих отходов. Происходят сбросы солей, например, сульфатов и хлоридов. Эти соли добавляются как реагенты и не удаляются в процессе осаждения, нейтрализации и фильтрации. Это приводит к тому, что в стоке имеются высокие концентрации этих соединений.

Твердые отходы и сбросы на землю. Осадок, образующийся на установках физико-химической обработки, может быть спрессован и направлен для дальнейшей обработки, прессования и смешивания с другими осадками. Например, органическими осадками или остатками от очистки дымовых газов (с прохождением экзотермической реакции). Почти на всех участках образуются осадки/кек, которые затем обычно сжигаются или совместно сжигаются, либо в некоторых случаях непосредственно депонируются.

Уровни металлов в стоках хорошо определены, но органические загрязняющие вещества – нет. Содержание азота и фосфора в отходах обычно количественно не определяется, и они находятся в водном растворе.

**Таблица 2.56 ПРОЦЕСС ОБРАЗОВАНИЯ ОТХОДОВ НА УСТАНОВКАХ ДЛЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ**

Отходы, образующиеся в процессе	Удельное количество (кг/т отходов, перерабатываемых на установке для физико-химической переработки)
Масла	30-40
Концентраты <sup>1</sup>	14-40
Гидроксидный осадок <sup>2</sup>	60-90
Ил после очистки и процессов опорожнения	10-50

Примечания: данные основаны на сведениях от операторов установок для физико-химической переработки с общей производительностью 850 тыс. т/год. Данные относятся к 2001 г. Средний возраст установок составляет 17 лет (колеблется от 4 до 39 лет). Приблизительно 84% (от 73 до 91%) всех установок для переработки принимаемых отходов можно отнести к группам EWL 11, 12, 13, 16 и 19.

Масла обычно подвергаются рециклингу, а остающиеся вещества подвергаются рециклингу или удаляются, в зависимости от их характеристик и рыночных условий.

<sup>1</sup> Концентраты от испарения/очистки, а также ультрафильтрации через полупроницаемую мембрану и ионообменных установок.

<sup>2</sup> Вес относится к сброшенному илу, общее содержание твердых сухих веществ: 35-45%.

Отходы при физико-химической обработке появляются главным образом от осаждения/флокуляции, а также в виде концентратов от ультрафильтрации через полупроницаемую мембрану, испарения или обработки в ионообменных установках. Отходы также образуются в процессах очистки и осушки, в сооружениях и контейнерах. Степень использования отходов зависит от конкретно-

го случая. Например, разделенное масло обычно можно подвергать рециклингу. Также в некоторых случаях можно подвергать рециклингу концентраты, образующиеся после ультрафильтрации через полупроницаемую мембрану, испарения или ионного обмена; осадки после осаждения/флоккуляции обычно депонируются, отходы от очистки и осушки обычно удаляются, и это обычно сопровождается иммобилизацией или сжиганием.

В табл. 2.57 приведен состав осадка, образующегося при физико-химической обработке сточных вод.

**Таблица 3.57 ОСАДОК, ОБРАЗУЮЩИЙСЯ ПРИ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ СТОЧНЫХ ВОД**

Соединение	Величина	Единица	Соединение	Величина	Единица
pH	7-9		Cd	2,7	мг/кг
ТОС	54,7	вес.%	Сг общий	887	мг/кг
Потери при прокаливании	54,7	вес.%	Cu	349	мг/кг
Углеводороды	30000	мг/кг	Hg	0,2	мг/кг
PCDD/F	<0,1	нг-ТЭ/кг	Ni	210	мг/кг
PCB (Σ 6)	<0,12	мг/кг	Pb	211	мг/кг
ЕОХ	10	мг/кг	Тl	14	мг/кг
CN общие	<0,1	мг/кг	Zn	1970	мг/кг
As	0,2	мг/кг			

Количество осадков, в которых содержатся металлы (фильтрат), зависит от определенных загрязняющих веществ в сточных водах, их концентраций и от реагентов и других химикатов, которые используются. Количество осадка варьируется от 2,5 до 10% от поступающих сточных вод. За счет замены извести гидроксидом натрия количество фильтрата снижается. Однако известь необходима для осаждения фторидов.

Фильтрат с высокими концентрациями металлов, например, никеля и меди, может использоваться в качестве сырья в металлургической промышленности. В других случаях фильтрат удаляется как твердый отход.

Твердые отходы от морских сточных вод. Образующимися твердыми остатками являются:

- твердые остатки от отстаивания/центрифуги и фильтров (50 кг/т сточных вод)
- сепарированное масло и химические фракции (возможно, пригодные для повторного использования в качестве топлива).

Негативные воздействия от специальных видов физико-химической обработки отходов. Выбросы, перечисленные в табл. А2.58, как можно ожидать, происходят на большинстве установок для обработки. Масштаб выбросов зависит от производительности установки и применяемых систем очистки выбросов.

Таблица 2.58 **ВЫБРОСЫ ОТ ПРОЦЕССОВ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ, ПРИМЕНЯЕМЫХ К СТОЧНЫМ ВОДАМ**

Физико-химическая деятельность	Воздух	Вода	Остатки/почва
Добавка твердого карбоната натрия или добавка серной кислоты для образования сульфата никеля или хрома	Выбросы CO <sub>2</sub> и других кислых газов (например, SO <sub>x</sub> ) в зависимости от начальных растворов	Жидкая фракция возвращается в переработку и частично смешивается в установке. Это маленькая фракция основных поступающих отходов	Продукт осаждается и остается охлаждаться и кристаллизоваться перед упаковкой и направлением на рециклинг
Окисление цианидов		НОСl	
Переработка люминесцентных ламп/ламп	Hg и SO <sub>x</sub>	Сброс слабого раствора гидроксида натрия	
Осаждение металлов		Zn, Cu, Cd	
Системы утилизации серебра	Существует не определенная количественно проблема аммиака, и, возможно, SO <sub>x</sub> , от фотографических химикатов вследствие высоких уровней азота и серы в растворах. Дополнительно могут быть выбросы летучих органических соединений вследствие процессов накопления и перемещения		Возможны высокие уровни азота в отходах
Переработка отходов печатания и фотографии	Аммиак, летучие органические соединения и потенциально SO <sub>x</sub>	Взвешенные твердые частицы, азот (главным образом, нитратный) и ХПК	Отходы обычно имеют высокое содержание азота
Использование каустического сырья		Hg	
<i>Типовые процессы</i>			
Отгонка воздухом	Аммиак и летучие органические соединения, включая органические растворители (например, DCM – дихлорметан)		
Флотация растворенным воздухом (DAF)			Осадки, которые отбираются со дна устойчивого резервуара, обычно содержат до 4% сухих твердых веществ
Испарение	Обычно проводится в полностью герметичных системах, но различные продувочные клапаны могут вызывать неорганизованные выбросы		

Физико-химическая деятельность	Воздух	Вода	Остатки/почва
Фильтрация/прессование. Это обычно связано с выбросами от химических установок	Аммиак, и при наличии высокого содержания органических веществ в потоках отходов, летучие органические соединения		
Ионообменные устройства		Элюат ионообменного устройства должен дополнительно перерабатываться на установке в соответствии с его составом/концентрацией	
Смесительные емкости	Может происходить ряд выбросов, частично в результате химических реакций, а частично от тепловых эффектов, снижающих растворимость газов в воде. Аммиак является самым распространенным газом, упоминаемым как проблема на этой стадии процесса		
Нейтрализация	Это может быть сильная экзотермическая реакция с быстрым изменением pH. Кислые газы, такие как CO <sub>2</sub> , HCl, Cl <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> и SO <sub>x</sub> , а также аммиак выделяются из бака реактора вместе с любыми загрязняющими летучими материалами, такими как чистящие растворители в промывных водах. Газы могут нести с ними щелок и твердые частицы	Типичными компонентами являются хлориды, фосфор, азот и металлы	Типичными компонентами являются хлориды, фосфор, азот и металлы
Органическое расщепление эмульсий			Обычно образуются меньшие количества ила (фильтрата) при органическом разделении, чем при кислотном расщеплении
Окисление/восстановление		Засоление сточных вод зависит от процесса	
Осаждение	Выбросы в воздух возможны, но маловероятны		Осадки, которые отбираются со дна устойчивого резервуара, обычно содержат около 0,5-1,0% сухого вещества

Физико-химическая деятельность	Воздух	Вода	Остатки/почва
Управление осадком (например, прессование или хранение осадка)	Летучие органические соединения как неорганизованные выбросы. Газы от раствора		
Экстрагирование растворителем	Растворители как неорганизованные выбросы. Существует возможность выбросов при перемещениях или аварийных выбросов	Растворители	
Отгонка	Выбросы улавливаются в местах, предусмотренных на установке для физико-химической переработки		

### 2.1.3.3.2 Негативные воздействия при физико-химической обработке твердых отходов и осадков

Негативные воздействия, перечисленные в табл. 3.59, как можно ожидать, происходят на большинстве установок для обработки. Масштаб негативных воздействий зависит от производительности установки и применяемых систем очистки выбросов.

206

Таблица 2.59 **ВЫБРОСЫ ОТ ПРОЦЕССОВ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ ТВЕРДЫХ ОТХОДОВ И ОСАДКОВ**

Физико-химическая деятельность	Воздух	Вода	Остатки/ почва
Фильтрация/прессование	Аммиак, и при наличии высокого содержания органических веществ в потоках отходов, летучие органические соединения		
Здания для иммобилизации и смешения	Выбросы через вентиляцию на крыше. Выбросы происходят при перемещении от емкости для смешения к удалению с площадки и через смотровые люки от проливов/утечек в течение загрузки реакционных сосудов		
Смешивание осадка	Твердые частицы и летучие органические соединения, особенно в случае экзотермической реакции		
Управление осадком (например, прессование или хранение осадка)	Летучие органические соединения как неорганизованные выбросы. Газы от раствора		
Отверждение	Существует возможность выбросов твердых частиц при этой операции		
Автоматизированная загрузка отходов	Летучие органические соединения, пыль и запах в течение перемещения отходов и реагентов		

Физико-химическая деятельность	Воздух	Вода	Остатки/ почва
Реакционный сосуд	Выбросы происходят из-за реакции несовместимых веществ. Неконтролируемые реакции вследствие неправильной дозировки реагентов или образования мест перегрева из-за плохого смешения	Утечки из-за плохо управляемого или поврежденного оборудования	Утечки из-за плохо управляемого или поврежденного оборудования
Бункер для реагентов	Образование пыли из-за переполнения бункеров для реагентов. Кроме того, неорганизованные выбросы пыли из мест соединений бункеров и пыль от потерь реагентов при хранении		

Неорганизованные выбросы от операций управления материалами для процессов за пределами территории часто упускаются из вида или игнорируются, но они могут представлять значительную часть общих выбросов при очистке почв.

Выбросы от операций по выемке и удалению грунта. Выбросы летучих органических соединений (ЛОС) от операций по выемке грунта и его удалению происходят при нарушении структуры почвы из-за процессов обмена загрязняющими газами, содержащимися в порах почвы, с атмосферой, и из-за диффузии загрязняющих веществ через почву.

Имеется несколько потенциальных источников выбросов, связанных с извлечением грунта:

- извлекаемые на поверхность отходы;
- материал, вываленный из ковша экскаватора;
- граница раздела отходы/почва в кучах кратковременного хранения.

Все они учитываются как неорганизованные выбросы.

В дополнение к этому, дополнительным источником выбросов летучих органических соединений, твердых частиц, оксидов азота и т.д. является оборудование, перемещающееся по земле.

Несмотря на то, что операции по выемке грунта широко распространенный вид деятельности, в литературе опубликовано мало данных о выбросах или интенсивности выбросов при данной операции.

Однако имеющиеся данные для двух участков, на которых осуществляется выемка и сваливание грунта, свидетельствуют о высоких значениях выбросов.

Таблица 2.60 РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ ВЫБРОСОВ

Деятельность	Объем осадка (м <sup>3</sup> )	Открытая площадь поверхности (м <sup>2</sup> )	Св+, интенсивность выбросов углеводородов (г/с)	Св+, поток выбросов (г/м <sup>2</sup> /с)
Нарушение состояния осадка	25-27	45-125	1,33	0,01-0,03
Извлечение осадка	26-48	125-261	7,76	0,03-0,06
Обезвоживание осадка	1,7	3,3	1,24	0,38
Последующее нарушение	26	91	1,11	0,01

Величина выбросов летучих органических соединений (ЛОС) зависит от ряда факторов, включая тип соединений, находящихся в отходах, концентрацию и распределение соединений, пористость и влагосодержание почвы. Ключевыми эксплуатационными параметрами являются длительность и характер операций по выемке грунта и его удалению, а также размер используемого оборудования. Чем длительнее и энергичнее перемещение грунта, тем больше вероятность того, что органические соединения будут испаряться. Чем больше объем переваливаемого материала на единицу операции, тем ниже процент ЛОС, которые будут десорбироваться из почвы, поскольку минимизируется отношение площадь поверхности, контактирующая с воздухом.

Извлечение грунта с высоким содержанием бензола или других летучих канцерогенов, должна, вероятно, вызывать больший риск для рабочих на участке и окружающего населения.

Величина выбросов при операциях по выемке грунта и его удалению будет изменяться с изменением рабочих условий. Скорость выемки грунта и сваливания, высота бросания, размер открытой площади поверхности, длительность контакта с воздухом, форма куч для хранения и степень сухости поверхностных слоев почвы – все это будет влиять на уровни выбросов ЛОС.

Негативные воздействия при термодесорбции. Выбросы в воздух от систем термодесорбции зависят от характеристик отходов, применяемого процесса десорбции и используемого оборудования для контроля выбросов. Выбросы в воздух, связанные с термодесорбцией, приходятся на несколько источников. Точечные источники выбросов в воздух широко варьируются для каждого процесса. Дымоход из камеры сгорания отводит продукты сгорания, как это происходит в системе нагревания, работающей на ископаемом топливе, если продукты сгорания не попадают в десорбер. Система нагрева на ископаемом топливе работает с пропаном, природным газом или печным топливом. Если система контроля выбросов ЛОС состоит из рукавного фильтра, скруббера и угольного абсорбера в паровой фазе, в отходящих газах должны быть небольшие концентрации исходных загрязняющих веществ, а также продуктов, являющихся источниками любых химических реакций, которые могут произойти. Объем отходящих газов из установки термодесорбции зависит от типа установки для обработки отходов. В табл. 3.61 приведены некоторые значения для выбросов от термодесорбции.

**Таблица 2.61 ВЫБРОСЫ ПРИ ТЕРМОДЕСОРБЦИИ ОТ НЕПОСРЕДСТВЕННОГО И КОСВЕННОГО НАГРЕВА**

	Расход газов (нм <sup>3</sup> /ч)	Загрязняющие вещества, которые могут содержаться
Непосредственный нагрев	17000-85000	ЛОС
Косвенный нагрев	1700-8500	ЛОС

Различные системы термодесорбции могут производить до девяти потоков остаточных продуктов: очищенную почву, отбракованные частицы завышенного размера, сконденсированные загрязняющие вещества, воду, пыль системы обеспыливания, чистые отходящие газы, осадок фазового разделения, отработанный уголь водной фазы и отработанный уголь паровой фазы. Отходящие газы от установок косвенного нагрева, т.е. термошнеков, могут очищаться с помощью небольших химических/физических систем, таких как рукавный фильтр или конденсатор, за которым следует камера дожигания.

Таблица 2.62 ХАРАКТЕРНЫЕ ВЫБРОСЫ ОТ ТЕРМОДЕСОРБЦИИ

Загрязняющие вещества	От
Неорганизованные выбросы	<ul style="list-style-type: none"> <li>• выемки загрязненного грунта</li> <li>• классификатора, подающего конвейера и загрузочной воронки</li> <li>• компонентов системы термодесорбции и контроля</li> <li>• отходящих газов от системы нагрева, очищенной почвы, контроля выбросов твердых частиц, неочищенных нефтепродуктов от сепаратора нефтепродуктов и воды, отработанного угля от угольного абсорбера в жидкой или паровой фазе, очищенной воды и осадка от скруббера</li> </ul>
Твердые частицы, оксиды азота (NOx), монооксид углерода (CO) и кислые газы	Сжигания и пиролиза
Диоксины, фураны и фенол	

Таблица 2.63 ХАРАКТЕРИСТИКИ НА ВХОДЕ И ВЫХОДЕ СУШИЛКИ ДЛЯ БИТУМОЩЕБЕНОЧНОЙ СМЕСИ

Параметр	Начальная концентрация <sup>1</sup> (частей на млн.)	Конечная концентрация <sup>1</sup> (частей на млн.)	Эффективность удаления (%)	Типичные характеристики <sup>2</sup> концентрации отходящих газов в дымовой трубе
PM		700-1000 мг/нм <sup>3</sup>		
Бензол	0,11-39,5	<0,01-0,06	84,5-99,9	4,3-8,6 частей на млн.
Толуол	0,27-2	<0,01-0,1	n.a.	0,6-0,8 частей на млн.
m, p-ксилол	<0,8-3	0,2-1,2	<75	0,42-3,5 частей на млн.
o – ксилол	3,1-15,6	<0,01	99,7-99,9	
Общие ксилолы	13,1	0,1	99,2	
Этилбензол	0,11	<0,01	>90	
THC	39-393	5,7-9,5	85-97,5	120-2800 частей на млн.
ЛОС		0,045-2,27 кг/ч		
Дизельное топливо	1875	<1	>99,9	
Нафталин				5136-6757 мкг/нм <sup>3</sup>
Аценафталин				634-901 мкг/нм <sup>3</sup>
Аценафтен				317-638 мкг/нм <sup>3</sup>
Флуорантен				405-763 мкг/нм <sup>3</sup>

Параметр	Начальная концентрация <sup>1</sup> (частей на млн.)	Конечная концентрация <sup>1</sup> (частей на млн.)	Эффективность удаления (%)	Типичные характеристики <sup>2</sup> концентрации отходящих газов в дымовой трубе
Фенантрен				385-645 мкг/нм <sup>3</sup>
Антрацен				24-135 мкг/нм <sup>3</sup>
Пирен				32-111 мкг/нм <sup>3</sup>

<sup>1</sup> На основе двух или трех установок в зависимости от параметра.

<sup>2</sup> На основе двух установок. Оборудование для контроля выбросов состоит из мокрого скруббера и циклонного влагуловителя, значения частей на млн. относятся к сухим условиям.

Выбросы ЛОС от сушилок для битумощебеночной смеси будут изменяться на несколько порядков величины в зависимости от того, используется ли камера дожигания в качестве устройства контроля выбросов. Эти системы переработки обычно не используют контроль выбросов ЛОС, если только не были модифицированы для ремедиации почвы.

Компания оценила типовые выбросы для очистки почвы в модифицированной сушилке для битумощебеночной смеси. Эта система состоит из вращающегося барабана с непосредственным нагревом, работающим при 290-540оС. Первичный циклонный трубчатый коллектор и пульсирующий рукавный фильтр используются для подавления выбросов твердых частиц. Термический окислитель (т.е. дожигатель) разрушает органические соединения в потоке отходящих газов (КПД 99-99,99%). На основе производительности процесса 32-54 т/ч.

210

**Таблица 2.64 ОЦЕНЕННЫЕ ВЫБРОСЫ НЕКОТОРЫХ КОМПОНЕНТОВ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ОЧИСТКЕ ПОЧВЫ, ЗАГРЯЗНЕННОЙ ПХБ, С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОЦЕССА ТЕРМИЧЕСКОЙ ДЕСОРБЦИИ**

Загрязняющее вещество	Единица	Время пребывания (мин)	Температура (°С)	Начальная концентрация	Конечная концентрация	Уровень неконтролируемых выбросов (г/ч)	Оцененный уровень выбросов (г/ч)
ПХБ	частей на млн.	19	550	37,5	2	1,14	5,68e-02
2,3,7,8-TCDD	частей на млрд.	40	560	260	0,0018	0,00832	4,16e-04
		19	560	236	0,0018	0,00755	3,78e-04
		10,5	560	266	0,0018	0,00851	4,26e-04
		24	460	233	0,5	0,00744	3,72e-04
		5,6	550	48	0,084	0,00153	7,67e-05
		20	555	56	0,23	0,00178	8,92e-05

Общая оцененная эффективность 95%

Выбросы от экстракции паром твердых отходов. Выбросы в воздух, связанные с системами паровой экстракции, относятся в основном к дымовой трубе. Дополнительные выбросы летучих органических соединений могут происходить при очистке любой загрязненной воды, которая экстрагируется. Неорганизованные выбросы игнорируются вследствие отрицательного давления в большей части системы.

Выбросы включают в себя неочищенные летучие органические соединения из процесса экстракции. Также в процессе экстракции происходят выбросы по-

лугучих органических соединений, хотя интенсивность этих выбросов ниже, чем выбросов ЛОС. Могут быть также небольшие выбросы в воздух, связанные с системой контроля. Вследствие того, что используются различные технологии для паровой очистки, выбросы через дымовую трубу могут также включать в себя некоторые продукты неполного сжигания, оксиды азота, твердые частицы, СО и кислые газы. Основные проблемы, однако, связаны с выбросами летучей органики из точечных источников. Данные по выбросам в воздух для нескольких систем экстракции паром подытожены в табл. А2.65

Таблица 2.65 ВЫБРОСЫ ИЗ СИСТЕМ ЭКСТРАКЦИИ ПАРОМ

Количество обследованных систем	Параметр	Единица	Диапазон значений	Приблизительное среднее
13	Расход на источник	м <sup>3</sup> /мин	0,2-8	2
	Удаление	кг/день	0,9-113	27
	Концентрация в отходящих газах	частей на млн.	20-350	100
17	Общий расход	м <sup>3</sup> /мин	0,1-161	23
	Очистка	кол-во систем		
	• нет			
	• углерод			
	• каталитическое сжигание			
	• сжигание			
	Уровень удаления	кг/день	2-195	45
17	Общий расход	м <sup>3</sup> /мин	0,7-318	62
	Концентрация загрязнителей	частей на млн.		
	Эффективность	%	90-99	95

Уровень выбросов ЛОС с течением времени от систем экстракции непрерывного действия характеризуется тенденцией иметь кривую с экспоненциальным затуханием.

Таблица 2.66 ОЦЕНЕННЫЕ ВЫБРОСЫ ДЛЯ СИСТЕМ ВАКУУМНОЙ ЭКСТРАКЦИИ ПО МЕСТУ

Загрязняющее вещество	Пиковые неконтролируемые выбросы через дымовую трубу <sup>1</sup> (г/ч)	Пиковые контролируемые выбросы через дымовую трубу <sup>2</sup> (г/ч)
Трихлорэтилен (ТСЕ)	1712	17,1
Транс-1, 2-дихлорэтилен (DCE)	99,4	0,99
1, 1, 1 – трихлорэтан (ТСА)	13,6	0,14
Тетрахлорэтилен (PCE)	3,18	0,03
ИТОГО	1830	18,3

<sup>1</sup>Неконтролируемые выбросы основаны на эффективности удаления каждого загрязнителя

<sup>2</sup>На основе оцененной общей эффективности 99% для двух последовательно установленных фильтров с адсорбцией активированным углем

Негативные воздействия от промывки почвы. В процессе промывки почвы наибольший потенциал выбросов летучих загрязняющих веществ связан с выемкой грунта, его перемещением, с подготовкой сырья и процессами экстракции.

При промывке почвы образуется четыре потока отходов: загрязненные твердые вещества, отделенные от промывной воды; сточные воды; осадок после очистки воды и остаточные твердые частицы, а также выбросы в воздух.

Зоны хранения необходимо подвергать особому контролю с тем, чтобы предотвратить рассеивание загрязняющих веществ, особенно пыли. Для жидких стоков установки всегда оснащаются системой очистки водной суспензии, куда направляется вода перед сбросом.

**Таблица 2.67 ВЫБРОСЫ ОТ УСТАНОВОК ДЛЯ ОЧИСТКИ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ С ПОМОЩЬЮ ПРОМЫВКИ**

Параметры воды	Концентрация (мг/л)
Взвешенные твердые частицы	60
БПК <sub>5</sub>	25
ХПК	350
Нитритный азот (NO <sub>2</sub> -N)	10
Общий фосфор	2
Общий хром	0,3
Cu	0,5
Hg	0,005
Ni	0,3
Pb	0,3
Zn	2
Остатки, образующиеся в процессе <sup>1</sup>	
Осадок	Осадки с минералами
Другие остаточные фракции	Частицы ПАУ и оксидов металлов

<sup>1</sup>Сообщается, что последующей судьбой остатков является депонирование на полигоне.

Примечание: производительность установки 68 тыс. т/год

Негативные воздействия от экстракции растворителями. До пяти потоков отходов может появиться вследствие процесса экстракции растворителями: концентраты загрязняющих веществ; твердые вещества; сточные воды; отбраковка с завышенными размерами и выбросы в воздух после очистки.

Установки для экстракции растворителями должны иметь конструкцию замкнутой схемы, в которой растворители подвергаются рециклингу и повторно используются. Обычно установки для экстракции растворителями конструируются с учетом образования пренебрежимо малых выбросов в воздух, но было обнаружено, что некоторые растворители находятся в системе выброса отходящих газов. В дополнение к этому, могут образовываться выбросы при значи-

тельных уровнях (как в паровой фазе, так и твердые частицы) в течение деятельности, связанной с подготовкой отходов, такой как выемка грунта и его перемещение.

Негативные воздействия от обработки отходов FGT. (отходов очистки дымовых газов). Основные экологические проблемы, связанные с обращением, утилизацией и размещением отходов от сжигания, относятся к выбросам тяжелых металлов, органических загрязняющих веществ и солей. Главные маршруты их распространения это выщелачивание и выбросы пыли, переносимые по воздуху. Так как выбросы, переносимые по воздуху, могут контролироваться относительно легко, выщелачивание является более важной экологической проблемой. Следует также отметить, что контакт водорода, образующегося в отходах очистки дымовых газов с водой, был документально подтвержден, и это потенциально может вызывать значительные проблемы. Его образование зависит от промежуточного хранения отходов очистки дымовых газов. А также от типа, конструкции и эксплуатации полигона, куда могут попасть такие отходы.

Негативные воздействия от методов стабилизации. В нескольких методах стабилизации имеется начальная стадия промывки, когда растворимые соли и в некоторой степени металлы экстрагируются перед химическим связыванием остающихся металлов. Эти методы завершаются обезвоживанием стабилизированного продукта, который после этого готов для депонирования. Затем при промывке твердых отходов образуются сточные воды, для которых необходима определенная очистка в силу содержания в них некоторых компонентов. Однако в зависимости от позиции местных органов власти, такие образующиеся сточные воды могут быть сброшены в объекты окружающей среды, или подвергнуты переработке в химической промышленности для утилизации некоторых солей (например, солей натрия).

Негативные воздействия от обработки асбеста. Волокнистая природа и размер волокон являются основными параметрами, которые делают асбест опасным. В течение его обработки могут образовываться выбросы.

#### ***2.1.3.3.3 Негативные воздействия при обработке специальных отходов***

Гидрогенизация CO<sub>2</sub>. На канадской установке было обнаружено наличие газа конечной переработки, не содержащего детектируемых ПХБ, в то время как концентрации общих хлорбензолов и диоксинов были сходными с концентрациями холостых проб. Это дает основания предполагать, что газ конечной обработки не содержит количественно определяемых уровней этих веществ. Когда газ конечной обработки сжигался в процессе парового риформинга, диоксины выделялись из дымовой трубы печи риформинга с концентрацией 15 пг ТЕQ/нм<sup>3</sup>. Это образование диоксинов можно отнести к использованию воздуха, загрязненного ПХБ, на участке, где воздух для сжигания поступал в печь риформинга.

Все продукты деструкции отходов, загрязненных ПХБ, при использовании этого процесса, можно было проверить. Не было неконтролируемых выбросов от процесса, которые могли бы привести к выбросам в воздух, загрязненным

ПХБ, к сбросам твердых или жидких остатков в окружающую среду. Выбросы ПХБ в окружающую среду могли происходить только в течение обращения с отходами перед обработкой, когда существует возможность пролива.

Поскольку реакция происходит в восстановительной атмосфере, при отсутствии кислорода, полагают, что образование диоксинов и фуранов исключено. Если поддерживается содержание водорода (на сухой основе) выше 50%, предотвращается образование РАН.

**Таблица 2.68 ОТЧЕТНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДЕСТРУКЦИИ В ПРОЦЕССАХ ГИДРОГЕНИЗАЦИИ**

Тип отходов	Эффективность деструкции (%)	DRE <sup>32</sup> (%)
Масла с ПХБ	99,9998808-99,9999996	99,9999985-99,9999997
Хлорбензолы	99,9999836-99,9999972	99,9999842-99,9999985
Диоксины в маслах с ПХБ	99,999-99,9999	99,9999842-99,9999985

<sup>32</sup>Эффективность уничтожения или ликвидации (мера эффективности технологии при удалении загрязняющих веществ из опасных отходов).

Для того, чтобы соблюдались основополагающие технические критерии для деструкции ПХБ, как газ конечной обработки, так воздух для сжигания должны подвергаться очистке для удаления доноров хлора и для предотвращения образования диоксинов.

214

Требуются предосторожности для предотвращения высоких скоростей образования газа, которые могут чрезмерно повысить давление в системах. Процесс имеет ограниченную буферную емкость, поэтому чрезмерное повышение давления может привести к выбросу материалов отходов.

В течение обычных операций от 30 до 50% газа конечной обработки сжигается в качестве топлива в котлах или других вспомогательных установках.

Остатки, образующиеся в процессе, включают в себя газ конечной обработки от реактора, воду после скруббера и осадок от очистки газа конечной обработки, а также небольшие количества абразивной пыли от реактора. Газ конечной обработки либо подвергается каталитическому риформингу для утилизации водорода, либо сжигается как топливо в одной или более вспомогательных систем – котле, установке каталитического риформинга и (или) в испарителе периодического действия.

Гидрогенизация ПХБ или СОЗ. Все выбросы и остатки улавливаются в случае необходимости для количественного анализа или обработки. Степень деструкции варьируется от 99,9 до 99,99999%, как сообщают на участках, работающих в промышленном масштабе в Австралии.

Сверхкритическое водяное окисление. В остатках процесса обычно содержится вода, газ (менее 10 частей на млн. СО и очень малые количества оксидов азота, кислых газов, таких как хлористый водород или оксиды серы) и твердые частицы, если в отходах содержатся неорганические соли или органические вещества с галогенами, серой или фосфором. Остатки, образующиеся в процессе, такие как зола и рассол, требуют удаления.

**2.1.3.3.4. Целевые отходы после физико-химической обработки**

Большая часть отходов после таких процессов направляется на полигоны.

Сточные воды. Важнейшим массовым потоком с установок для физико-химической обработки являются сточные воды, на которые приходится от 85 до 95% массы отходов, принимаемых для обработки. Качество сточных вод с установок физико-химической обработки регулярно контролируется надзорными органами и в рамках автономного контроля. Вследствие деятельности по мониторингу имеются обширные данные о составе сточных вод с установок для физико-химической обработки.

**Таблица 2.69 ЦЕЛЕВЫЕ ОТХОДЫ ПОСЛЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ВОД**

Параметры выбросов в воду	Диапазон значений для среднегодовых значений (частей на млн.)	Диапазон годовой нагрузки (кг/год)
pH	6,9-10,4	
Электропроводность	1150-13500 мкСм/см	
Прозрачность (высота видимого столба)	10-47 см	
Взвешенные твердые частицы	<0,5-32	
<0,1-2,1 мл/л	<0,6	
ТОС	2200-3800	38601
БПК	5-2490	
ХПК1	200-17870	
Углеводороды	<0,1-19,8	89
Моющие средства (анионные)	0,6-14,8	
Минеральные масла	5-10	
Фенольный индекс <sup>1</sup>	0,8-25	317
АОХ	<0,01-0,7	9
ЕОХ	<0,1-0,5	
ВТХ	<0,1-1,2	10
Сl	3975-35420	
Сl свободный	<0,1-0,3	
CN	<0,1-0,6	<1
CN свободный	<0,0-0,61	
F	0,5-8,6	
Азот органический <sup>1</sup> 109-440	109-440	
Азот общий	8,4-590	
NH3-N	22-1330	
Азот нитратный	0,9-472	
Азот нитритный	0,90-10,2	38
Фосфор общий	<0,1-14,75	

Параметры выбросов в воду	Диапазон значений для среднегодовых значений (частей на млн.)	Диапазон годовой нагрузки (кг/год)
Сульфаты	65-3630	
Сульфиды	1012	
Свободные сульфиды	<0,1-0,77	<1
Al	<0,1-5	63
As	<0,01-0,1	<0,1
Cd	0,0004-0,1	
Co	≤0,1	
Cr общий	0,05-0,3	3,8
Cr (VI)	<0,01-0,1	<1
Cu	<0,1-0,4	2,5
Fe	0,2-20	253
Hg	0,0001-0,02	<0,02
Mn	<0,1-2,7	
Ni	0,05-1,4	3,8
Pb	<0,02-0,7	<1
Se	<0,1-0,5	
Sn	<0,1-0,4	
Zn	<0,1-3,9	12

Примечания: диапазоны были определены, исходя из нескольких представленных наборов данных по выбросам. Набор данных основан на данных от операторов установок для физико-химической переработки с общей производительностью 850 тыс. т/год. Данные относятся к 2001 г. Средний возраст установок около 17 лет (в диапазоне от 4 до 39 лет). Приблизительно 84% (от 73 до 91%) всех установок для переработки принимаемых отходов можно отнести к группам EWL 11, 12, 13, 16 и 19. Другой набор соответствует 20/80 перцентилю среднегодовых значений для некоторых установок для физико-химической переработки, а еще один – измеренным минимальным/максимальным значениям, найденным в установке для эмульгирования (данные для периода 1994-1999 гг.).

<sup>1</sup>Некоторые данные относятся к фракции ХПК растворенных ТНЕ, а другие соответствуют общему ХПК

Результаты установки для обработки лакосодержащих стоков приведены в табл. 2.70.

Таблица 2.70 ОТХОДЫ ПОСЛЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ЗАГРЯЗНЕННОЙ ВОДЫ, СОДЕРЖАЩЕЙ ГЛАВНЫМ ОБРАЗОМ СГУСТКИ ЛАКА И РАСТВОРИТЕЛИ

Материал	Количество (т/год)	Состав (мг/кг)
Высушенный материал	10000	РСВ<0,05 ВТЕХ 104,8 As <1 Cd 6,7 Cr общий 77 Cu 905 Hg 0,25 Ni 43 Pb 339 TI <0,5 CN общие 6200

Материал	Количество (т/год)	Состав (мг/кг)
Органическая техническая вода	2000	Cd <0,5 Hg <0,5 Zn 1,7
Утилизированные растворители	13000	

В табл. 2.71 приведены концентрации загрязняющих веществ, достигаемые после стадии окончательной очистки стоков, например, фильтрации через песчаный фильтр или ионообменный фильтр.

**Таблица 2.71 КОНЦЕНТРАЦИИ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ, ДОСТИГАЕМЫЕ ПОСЛЕ СТАДИИ ОКОНЧАТЕЛЬНОЙ ОЧИСТКИ СТОКОВ, НАПРИМЕР, С ПОМОЩЬЮ ФИЛЬТРАЦИИ ЧЕРЕЗ ПЕСЧАНЫЙ ФИЛЬТР ИЛИ ИОНООБМЕННЫЙ ФИЛЬТР**

Соединение	Концентрация (мг/л сточных вод) (пробы 24 часа)
Свободные цианиды	1,0/0,2
Галогенированные ЛОС	0,1
Минеральные масла	200 (случайная проба)
Ag	1,0/0,1
Cd	0,2
Cr (общий)	1,0/0,51
Cr (VI)	0,1
Cu	2,0/0,5
Ni	2,0/0,5
Pb	2,0/0,5
Sn	3,0/2,0
Zn	2,0/0,5

Твердые отходы и осадки. Конечный материал (целевой отход) после стабилизации/отвердевания должен иметь сходное с исходными отходами содержание металлов и органических веществ. Однако он имеет более низкую токсичность и растворимость металлов и органических соединений по сравнению с исходными отходами.

В приложении к Полигонной директиве (ЕС 33/2003) содержатся критерии и процедуры для приема отходов на полигонах. В критериях имеются некоторые предельные значения для приемлемости опасных отходов на полигонах различного типа. Они основаны на предельных значениях выщелачивания и ограничивают параметры в отношении некоторых металлов, анионов и органических соединений.

Водопроницаемость стабилизированных отходов зависит от многих параметров (например, природы отходов, природы и количества добавляемого реагента, целей и задач), и значения проницаемости могут варьироваться от 10-9 до 10-12 м/с.

Иммобилизованный нелетучий остаток/шлак. В общем, существует несколько возможностей для повторного использования нелетучего остатка по-

сле обработки. Когда качество шлака не соответствует определенным параметрам, возможно повторное использование шлака с определенными мерами технической безопасности. Некоторые примеры повторного использования описаны ниже и приведены в табл. 2.72:

- использование в дорожном строительстве и обустройстве улиц. Нелетучий остаток используется в качестве твердого основания при строительстве, например, стоянок автотранспорта, аэропортов и портов. Однако имеется необходимость в непроницаемом слое, который должен предотвращать выщелачивание из слоя нелетучего остатка, и которым может быть асфальт или, возможно, бетон;
- использование в строительных работах с грунтом, например, в дорожных насыпях или шумозащитных стенах. Важно, чтобы место, где будет использоваться нелетучий остаток было бы благоприятным с точки зрения гидрогеологических условий. Это означает, что должен быть слой из 2 м глины или формовочной земли, который бы защищал подземные воды от негативных воздействий. Помимо этого, должна быть минеральная подсыпка, которая была бы непроницаемой (с толщиной более 0,5 м и  $k_f < 10^{-8}$  м/с)
- использование в важных зонах водоустройства и чувствительных местах с точки зрения гидрогеологических условий за исключением отдельных случаев, требующих инспекций.

**Таблица 2.72 ПУТИ РЕЦИКЛИНГА МИНЕРАЛЬНОЙ ФРАКЦИИ ОБРАБОТАННОГО НЕЛЕТУЧЕГО ОСТАТКА В ГЕРМАНИИ**

Пути рециклинга обработанного нелетучего остатка/шлака	%
Борьба с обледенением	27
Наполнитель	22
Балластное основание	11
Мелиорация земли	9
Основание/строительство плотин	5
Уплотнение земли	5
Шумозащитные стены	3
Благоустройство	1
Обустройство улиц и дорожное строительство	1
Прочее	16

В табл. 2.73 и 2.74 приведены характеристики важных параметров нелетучего остатка после процесса физико-химической обработки.

**Таблица 2.73 СОСТАВ МЕТАЛЛОВ ОБРАБОТАННОГО НЕЛЕТУЧЕГО ОСТАТКА (АНАЛИЗ ТВЕРДОЙ ФРАКЦИИ)**

Металлы	Минимум	Среднее	Максимум
As	0	0,074-0,15	0,187
Cd	0,0008	0,0037-0,01	0,0167

Металлы	Минимум	Среднее	Максимум
Cr	0,067	0,172-0,6	0,726
Cu	0,150	0,6-6,826	29,781
Hg	0	0,01-0,07	0,37
Ni	0,023	0,165-0,6	0,661
Pb	0,19	1-1,222	4,063
Pi	0		
Zn	0,470	1,5-2,970	14,356

Единицы: в г/кг, за исключением Hg, для которой мг/кг

Нуль в этой таблице означает средние значение ниже предела определения в анализе

**Таблица 2.74 АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ЭЛЮАТА НЕЛЕТУЧЕГО ОСТАТКА ПОСЛЕ ОБРАБОТКИ**

Химикаты	Минимум	Среднее	Максимум
Cl	29		
Сульфаты	43		
CN общие	0		
Фенольный индекс	0		
As	1,3	5,3	16,1
Cd	0	0,8	5
Cr	0	15,2	200
Cu	0	60,7	300
Hg	0	<0,2	1
Ni	0	2,9	40
Pb	0	11,4	59,0
Pi	2		
Zn	0	19,4	300

Единицы в мкг/л

Нуль в этой таблице означает средние значение ниже предела определения в анализе

Отходы после классической установки для промывки почвы. Обычно на установках для промывки почвы производятся рециклированные материалы, годящиеся для строительной отрасли (производители бетона, установки для производства асфальта) или применяемые в качестве наполнителя после проведения внутреннего контроля качества и внешнего контроля в отношении технических свойств материалов (для обеспечения соответствия с местными нормами).

Можно выделить различные фракции:

- грубая фракция: гравий, который можно калибровать несколькими способами. Обычно это мелкий гравий с размерами частиц 2-20 мм и крупный гравий с размерами 20-80 мм;
- песчаная фракция: состоит из песка с обычным размером частиц от 60 мкм до 2 мм;

- остаточная органическая фракция (>60 мкм): такие фракции сжигаются или направляются на соответствующий полигон;
- мелкая остаточная фракция (фильтрат <60 мкм): обычно она направляется на специальный полигон с дополнительной обработкой или без нее (например, инертнизация, стабилизация) или, если это требуется, может быть направлена для дальнейшей обработки (например, термодесорбция, классическое сжигание).

**Таблица 2.75 ОТХОДЫ ПОСЛЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ЗАГРЯЗНЕННОЙ ПОЧВЫ С ПОМОЩЬЮ ПРОМЫВКИ**

	Производительность (т/год)
Поступающие отходы	68000
Образующиеся отходы	50500
• песок	36000
• гравий	13000
• мелкий наполнитель	1500

Отходы, образующиеся после выемки грунта. Было обнаружено, что при выемке грунта снижается влагосодержание почвы и сухая объемная плотность почвы. Данные показывают, что влагосодержание фракции снижается на 35-56%, а сухая объемная плотность почвы снижается на 13%.

Отходы, образующиеся после термической дистилляционной сушки. Сухой остаток от обработки аэрозольных баллончиков разделяется на стальной и алюминиевый лом перед переплавкой. Эти металлические фракции соответствуют всем критериям приемлемости для сталеплавильного производства. Конденсат после процесса сушки состоит из сложных смесей растворителей, которые можно использовать в термических способах, или сжечь. Когда обрабатываются неиспользованные поврежденные аэрозольные баллончики, то можно обсуждать заблаговременно с производителем возможность рециклинга содержащихся в них растворителей.

Отходы, образующиеся на установке после обработки растворителей с СФС. В табл. 2.76 приведены технические условия на продукты, которые получаются после крекинга растворителей с СФС.

**Таблица 2.76 ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ НА ПРОДУКТЫ С СФС ПОСЛЕ КРЕКИНГА**

Параметры	Единица	Цель	Реальное значение
Влагосодержание	частей на млн.	<50	34
Содержание масел	частей на млн.	<100	60
Содержание аминов	частей на млн.	<100	10
Кислоты	частей на млн.	<1	0,03
Галогены	% объемных	<0,1	0,004
РСВ и РСТ	% объемных	0	0

Информация от дистилляционной установки для переработки CFC на рис. 2.11 приведена в Разделе 2.3.5. На этой установке происходит конвертация CFC в соляную и плавиковую кислоту.

### ***2.1.4 Уровни потребления и воздействия от методов обработки отходов, применяемых главным образом для утилизации содержащихся в них материалов***

В этом разделе содержатся данные об уровнях потребления и воздействия методов обработки отходов, упомянутых в Разделе 2.4. Следующие разделы (Раздел 3.4X) содержат подробную информацию, полученную от операторов данных установок. Структура каждого из следующих подразделов в этом разделе та же самая, что и в Разделе A2.1.4. Уровни воздействия, связанные с дополнительной обработкой отходов, например, операции на перегрузочных станциях, охвачены в Разделе A2.1.

#### ***2.1.4.1 Поступающие отходы, используемые для получения рециклированного материала***

Когда цель состоит в получении полезных материалов, а не просто материалов, подлежащих размещению, обработка, которой подвергается каждый вид отходов, обычно должна быть очень специфической, и обеспечивать превращение отходов в требуемые полезные продукты.

Отработанные масла. Масла имеют много применений, например, они используются в качестве топлива, как смазочные масла, как теплоноситель и как рабочая жидкость для гидросистем. Для каждой области применения имеются свои собственные технические условия, обычно основанные на том, что углеводороды находятся в определенном диапазоне точек кипения при дистилляции неочищенной нефти. Масла, которые должны быть стабильными при высоких температурах, не должны включать в себя больших количеств углеводородов с низкой точкой кипения, в то время как масла, используемые в качестве топлива, с большей вероятностью должны включать в себя смеси углеводородов с низкой точкой кипения.

Перед маркетингом большинство базовых масел, производимых на нефтеперерабатывающих заводах по выпуску минеральных масел, смешивается с разнообразными добавками для придания им требуемых свойств. Обычный набор добавок содержит от 5 до 25% базового масла. Однако, вероятно, не менее половины добавок представляют собой базовые масла, используемые как растворители. Смазочные масла содержат большие количества добавок, но реальные формулы в большинстве случаев являются коммерческой тайной. Данные о компонентах и добавках в новых маслах приводятся в паспортах безопасности вещества, которые сопровождают продукты при их поставках, однако, точные подробности о рецептуре являются собственностью компании. В маслах для гидравлических систем содержится очень мало добавок.

Некоторые общие классы добавок идентифицированы и показаны в табл. 3.77. Информация не является целевой, но предполагается, что используется ряд метал-

лических добавок, некоторых хлорированных органических соединений, ароматических углеводородов, фенольных соединений и различных видов полимеров.

**Таблица 2.77 ТИПЫ ДОБАВОК, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В СМАЗОЧНЫХ МАСЛАХ**

Добавка	Используемые соединения
Антикоррозионная	Дитиофосфаты цинка, феноляты металлов, жирные кислоты и амина
Антивспенивающая	Силиконовые полимеры, органические сополимеры
Антиоксидантная	Дитиофосфаты цинка, экранированные фенолы, ароматические амины, сульфированные фенолы
Износостойчивые	Дитиофосфаты цинка, кислые фосфаты, органическая сера и соединения хлора, сульфированные жиры, сульфиды и дисульфиды
Моющие средства	Металлоорганические соединения натрия, феноляты кальция и магния, фосфонаты и сульфонаты
Диспергаторы	Алкилсукцинимиды, алкилтантарные сложные эфиры
Антифрикционная смазка	Органические жирные кислоты, лядровое масло, фосфор
Дезактиватор металла	Органические комплексы, содержащие азот и амины серы, сульфиды и фосфиты
Депрессорная присадка	Алкилированный нафталин и фенольные полимеры, полиметакрилаты
Вспучивающиеся агенты	Органические фосфаты, ароматические углеводороды
Загущающая присадка	Полимеры олефинов, метакрилаты, диены или алкилированные стиролы

222

Добавки должны удерживаться в маслах в течение всего нормативного срока службы. Это означает, что даже, если следует ожидать, что индивидуальное вещество будет удалено при нормальной рабочей температуре двигателя, должна быть введена дополнительная добавка, которая свяжет его в рецептуре масла.

Это требование поддержания циркуляции добавок и поддержания циркуляции продуктов деструкции для повышения срока службы масла создает один из спорных вопросов в отношении выбросов отработанного масла. Хотя ряд компонентов являются твердыми при температуре окружающего воздуха и можно ожидать оседания их в масле и в слое осадка, диспергаторы в маслах склонны к удержанию в слое масла. Более крупные твердые частицы извлекаются из двигателей масляными фильтрами.

В течение использования состав масла будет заметно изменяться вследствие деструкции добавок, образования дополнительных продуктов сжигания и негоревших топлив, добавки металлов вследствие износа (выкрашивания) двигателя и от деструкции самого базового масла.

На более крупных участках для обработки понимают, что должен быть диапазон видов отработанных масел, принимаемых на обработку, и, таким образом, проверяют поступающие отходы в отношении температуры вспышки, уровней металлов и хлора; в то время как на небольших участках обычно просто принимают отработанные масла. Это очевидный недостаток аналитических данных о поступающих отходах.

Операторы, собирающие большие объемы отработанных масел, могут более тщательно контролировать, и, следовательно, иметь более выдержанный состав.

Таблица 2.78 ТИПЫ ОТХОДОВ, СОДЕРЖАЩИХ ОТРАБОТАННЫЕ МАСЛА

Типы отходов, содержащих отработанные масла	Комментарии
Масляные фильтры	Не было специальных анализов, но известно содержание отходов отработанных масел и остатков крупных размеров, образующихся в двигателе и уловленных в фильтре. В дополнение к этому, известно, что в фильтре имеются пластики и металлы. Для металлов характерна тенденция подвергать их рециклингу
205-литровые стальные бочки	Отработанные масла и сталь
25-литровые бочки	Обработанные масла и пластик
Накопленные отработанные машинные масла	Отработанные машинные масла являются основным потоком отходов, перерабатываемых на лицензированных участках. Большая часть выбросов будет связана с этим материалом

Не имеется всестороннего анализа отработанных масел, поступающих на установки для обработки. Взамен этого в двух следующих таблицах (3.79 и 3.80) приведены данные, собранные о химических компонентах, которые обычно имеются в различных типах отработанных масел. Нет оснований ожидать, что в реальности все отработанные масла должны быть охвачены нижней или верхней частью диапазонов, упомянутых в этих двух таблицах.

Таблица 2.79 ПРимерный Перечень Компонентов, Имеющихся в Отработанных Маслах

Компоненты отработанных масел	Диапазон концентраций (частей на млн.)	Происхождение/комментарии
Al	4-1112	Износ подшипника или двигателя
Алкилбензолы	900	Базовое масло на нефтяной основе
Ароматические соединения	14-30 вес. %	Для отработанных моторных масел, появляются от базовых масел для смазочных материалов
Алифатические соединения	65,4% вес.	На N-алканы приходится около 0,4% отработанных масел, но распределение склонно к более длинным молекулам, для которых менее вероятно испарение: <ul style="list-style-type: none"> <li>• тетралин 0,0012%</li> <li>• додекан 0,0014%</li> <li>• тридекан 0,0014%</li> <li>• октадекан 0,07%</li> <li>• нонадекан 0,2%</li> </ul>
Антифриз		
As	<0,5-67	
Содержание золы	0,4-0,64 <sup>1</sup>	
Ba	50-690	Добавки к моющим средства, добавки к упаковке
BTEX	300-700	Анализ смеси показывает высокий уровень углеводородов с короткими цепями (бензол (0,096-0,1%), ксилол (0,3-0,34%), толуол (0,22-0,25%), с точкой кипения ниже 150оС
Ca	900-3000	Добавка к моющим средствам
Cd	0,4-22	

Компоненты отработанных масел	Диапазон концентраций (частей на млн.)	Происхождение/комментарии
Cl		Хлор в отработанных маслах появляется: <ul style="list-style-type: none"> <li>• от загрязнения (либо случайного, либо преднамеренного) хлорированными растворителями и трансформаторными маслами, которые в настоящее время контролируются более жестко</li> <li>• от добавок к смазочным веществам</li> <li>• от нейтрализатора свинца, добавляемого к этилированному бензину</li> <li>• при использовании в качестве добавки для хладнотекучести</li> </ul>
Хлорированные углеводороды	37 6300 18-2800 18-2600 3-1300	дихлордиформетан тирхлортрифторэтан трихлорэтан трихлорэтилен перхлорэтилен Отработанные масла могут иметь значительное, но изменяющееся содержание хлора, включая такие хлорорганические соединения как РСВ, дихлордиформетан, трихлортрифторэтан, 1, 1, 1 – трихлорэтан, трихлорэтилен, тетрахлорэтилен. Они могут образовываться химически в течение использования загрязненных масел
Cr	2-89	Износ двигателя
Cu	<11-250	Износ подшипника
Обратная промывка двигателя	8-10 вес.%	Абсорбированный газ, бензин и дизельное топливо. Разнообразные "продукты термической деструкции" также включены в состав отработанных масел
Fe	100-500	Износ двигателя
Галогениды	До 500	
Тяжелые углеводороды		Появляется при полимеризации и от неполного сжигания топлива
Hg	0,05-<11	
Легкие углеводороды	5-10% вес.	Определенное количество несгоревшего топлива (бензина или дизельного топлива) растворяется в масле, а также появляется от деструкции масла
Базовое масло смазок	До 95 % вес.	Основными компонентами являются алифатические и нафтенновые углеводороды и (или) олеиновые полимеры (например, полибутилены и поли-альфа-олефины в некоторых базовых маслах смазочных материалов). Находятся также меньшие количества ароматических и полиароматических углеводородов. Содержание тяжелых металлов менее 500 частей на млн. Содержание фенолов может составлять несколько частей на млн.
Такие металлы как Al, As, Ba, B, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, K, Mg, Mn, Na, Ni, P, Pb, Sb, Si, Sr, Ti, V, Zn	До 10000 соединений	Происхождение связано с добавками к смазочным маслам, износу двигателей и посторонними источниками. Они появляются в отработанных маслах в качестве добавок в смазочных маслах, от износа и выкрашивания двигателей и с машинными маслами. Добавки (в особенности металлы) обычно остаются в масле после использования

Компоненты отработанных масел	Диапазон концентраций (частей на млн.)	Происхождение/комментарии
Mg	100-500	Добавки к моющим средствам
Ni	10	Износ двигателя
Нафталины	9,7-470-2300 <sup>4</sup>	От базовых масел
Соединения азота		От добавок соединений азота
Не относящиеся к смазочным маслам соединения		Использованные масла часто загрязняются всеми видами материалов, обычно вследствие плохого сбора/разделения. Материалы, которые могут появиться, являются тормозными жидкостями и антифризом, растительными маслами, пачками сигарет, растворителями и т.д.
P	6-1000	Добавки антиоксидантов и для придания износостойкости
PAH	30,3 – 204 - <1000 <sup>4</sup> Сумма 26 индивидуальных PAH представляет 0,17% масла или 1,2% ароматической фракции	Ароматические соединения включают в себя также высокий диапазон PAH с концентрациями до 700 частей на млн. для индивидуальных видов. Они появляются от базовых масел и от неполного сжигания. Примерами являются бенз-а-пирен (0,36-62 части на млн.), пирен (1,67-33 части на млн.), нафталин (47 частей на млн.), бифенил (6,4 частей, а также хлорированные полиароматические соединения
PCB	<0,5-11-<50	В рамках Директивы об отработанных маслах максимальное допустимое содержание PCB в отработанных маслах, перерабатываемых для размещения, составляет 50 частей на млн. Это связано с загрязнением трансформаторными маслами
Pb	8-1200 До 14000 при использовании этилированного бензина	Этилированный бензин/износ подшипника
S	0,1-2,8 % вес.	От базового масла и продуктов сгорания
Отложения	0,5-2% вес.	Сажа и отложения из камеры горения, свободные металлы и грязь. Образование отложения осложняется вследствие смешения отработанных масел от нескольких производителей, добавок к упаковке и источников сбора
Si	50-100	Добавка/вода
Sn	Следовые количества	Износ подшипника
Pi	0,1	
V	300	От базового масла
Вода	8-10 % вес.	Сжигание
Zn	6-4080	Добавки антиоксидантов и против износа

Примечание: дополнения к численным значениям нельзя сделать для получения соответствия, поскольку имелись различные наборы данных.

<sup>1</sup> Оба предела параметра являются средними значениями

<sup>2</sup> До 8452 частей на млн. в собранных отработанных маслах вследствие загрязнения хлорированных растворителей и морской солью от отстоя судов

<sup>3</sup> До 30%

<sup>4</sup> В столбце появляется три значения, среднее значение соответствует среднему.

Отработанные промышленные масла. В промышленности используются разнообразные масла, включая растворимые масла и некоторые галогенированные масла, хотя они становятся малораспространенными. Масла используются как масла для гидравлических систем, смазочные вещества, теплоноситель, масляная изоляция и смазочно-охлаждающие жидкости.

**Таблица 2.80 ОЦЕНЕННЫЕ КОНЦЕНТРАЦИИ МЕТАЛЛОВ  
В ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТРАБОТАННЫХ МАСЛАХ**

Металл	Концентрация	Причина
Кадмий	Концентрация 50% в смазочном масле или 0,000155%	Кадмий в настоящее время снят с производства
Хром	Концентрация 100% в смазочном масле или 0,0028%	Обычно используется тот же самый уровень, что в машинном масле
Медь	Концентрация 100% в смазочном масле или 0,025%	Обычно используется тот же самый уровень, что в машинном масле
Свинец	0	Нет определенной причины к этому
Нафталин	0,042%	Нет данных вообще, нафталин находится во всех маслах, но следует ожидать наименьшего возможного количества, поскольку он должен быть твердым при комнатной температуре, и, по-видимому, его добавки не будут полезными с химической точки зрения
Никель	0,0028%	Нет данных для смазочных масел
РСВ		Обнаружены в охлаждающих маслах трансформаторов
Ксилол	0,22%	
Цинк	Концентрация 50% в смазочном масле или 0,029%	Обычный компонент машинной обработки, но цинк должен быть основной добавкой в смазочных маслах

Растворимые масла/машинные масла являются самыми обычными маслами, но до сих пор не имеется информации об их составе. Многие из этих промышленных масел подвергаются глубокому рециклингу по месту для продления их срока службы, и большинство любых металлических загрязнителей, связанных с операциями заточки, удаляется с помощью встроенных систем и утилизируется. При отсутствии других данных можно сделать следующие предположения:

- эти масла используются в открытых системах. Их рецептуры не включают углеводороды с очень низкими точками кипения вследствие риска пожара и риска для здоровья в течение использования и необходимости сохранения характеристик продукта в течение использования. Они перемешиваются в течение использования, и происходит удаление избыточного тепла от обработанной поверхности; таким образом, при работе они нагреваются выше окружающей температуры. Поэтому выбросы ЛОС в течение обработки данных отходов обычно очень малые;

- содержание металлов будет значительно изменяться от источника к источнику. Основными металлами, с которыми приходится работать, являются медь, цинк, никель и хром.

Масляная изоляция является специальным маслом, которое подвергается процессу фильтрации, поэтому от него образуется очень мало отходов. Основная озабоченность в отношении таких масел связана с риском загрязнения ПХБ. Обычно на установках для обработки таких проводится анализ на ПХБ.

Нефтедержащая вода от отводных коллекторов. Большая часть отходов от отводных коллекторов поступает от автопарков и площадок для технического обслуживания автомобилей. Поэтому разумно предположить, что они похожи на отработанные машинные масла, но в них должен содержаться дополнительный шлам: частицы от износа шин, продукты сжигания топлива и гудрон от дорожного строительства. Пролитое топливо также должно собираться в отводной коллектор, но любой материал, который может испаряться в воздух при окружающей температуре, должен собираться перед отводным коллектором.

Часть нефтепродуктов появляется на производственных участках, и при сборе отходов промышленных масел. Здесь будут намного более низкие концентрации продуктов сгорания, но могут быть намного более высокие концентрации металлов в зависимости от промышленного применения.

Отработанные растворители. Отработанные растворители могут образовываться в следующих секторах:

- работа с красками, покрытиями и удаление красок;
- работа с чернилами;
- химическая и фармацевтическая промышленность;
- кинопроизводство;
- производство синтетических волокон;
- резина, пластмассы и смолы;
- растворители для обезжиривания;
- растворители для химической чистки;
- производство сельскохозяйственных продуктов;
- аэрозольные баллончики и распылители.

Отходы, которые рассматриваются как растворители, соответствуют главным образом кодам EWL 07, 08, 09 и 14. Конечный код соответствует категории, специально относящейся к органическим растворителям. Имеется четыре основных класса смесей растворителей, которые делают растворитель непригодным для применения, и это содействует рециклингу. Это:

- смешение с воздухом. Это обычно происходит при испарении растворителя при использовании для растворения смол или полимеров. Утилизация из воздуха может создать проблемы, поскольку растворитель может реагировать с угольным адсорбером, или его трудно утилизировать из пара, используемого для десорбции;
- смешение с водой. Во многих случаях удаление воды является простой операцией, но бывает трудно восстановить ее до годной к применению чистоты вследствие доказанной неэкономичности. Всегда следует иметь в виду, что вода, удаляемая в ходе утилизации растворителя, вероятно, должна быть сброшена как сток, и, поэтому, важно ее качество;

- смешение с раствором. Желаемый продукт часто удаляется с помощью фильтрации из реакционной смеси. Функция растворителя в этом случае состоит в селективном растворении примесей (не прореагировавшее исходное сырье и продукты нежелательных побочных реакций) в жидкой фазе с низкой вязкостью, с очень низкой растворяющей способностью продукта. Выбор растворителя часто бывает ограничен в таких случаях;

- смеси с другими растворителями. При многостадийных процессах, таких, которые обычно бывают в фармацевтической промышленности и при производстве химически чистых реактивов, может потребоваться добавка реагентов, растворенных в растворителях, и растворителей, которые являются важными для производительности процесса или даже для самого прохождения желательной реакции.

Отработанные растительные масла. Кулинарные жиры от ресторанов и гостиниц.

Отработанные катализаторы. Отработанные катализаторы, которые можно восстанавливать за пределами территории:

Металлические катализаторы. Например, катализаторы для платино-алюминиевого риформинга, которые можно регенерировать с помощью удаления углеродистых отложений с поверхности катализатора с использованием тщательно контролируемой процедуры сжигания, с последующим повторным диспергированием и повторным хлорированием подложки катализатора.

Катализаторы из благородных металлов. Их регенерация возможна с помощью удаления отложений углерода для успешного восстановления активности, селективности и характеристик стабильности исходного катализатора. Отложения углерода удаляются с помощью контролируемого сжигания.

Катализаторы из неблагородных металлов. Катализаторы для гидрообработки можно регенерировать с использованием различных методов, таких как восстановительная окислительная очистка для удаления углерода (регенерация за пределами территории) или повторное диспергирование металлов в случае отравления вследствие спекания металлов.

Цеолиты. Может быть относительно легкое восстановление с использованием таких методов, как нагрев для удаления абсорбированных материалов, ионный обмен с натрием для удаления катионов, или использование разности давлений для удаления адсорбированных газов. Однако они не регенерируются за пределами территории, поскольку их структура в большинстве случаев повреждена и в зависимости от применения поры могут быть загрязнены тяжелыми металлами или другими токсичными соединениями для катализатора.

Отработанный активированный уголь. Для большинства промышленных установок характерна тенденция отправлять свой отработанный уголь за пределы участка для регенерации крупными централизованными производителями угля. Количества отработанного угля от промышленных источников (текстиль-

ное производство, продукты переработки нефти, ковровые покрытия, производство пластмасс, фенольные смолы, гербициды, взрывчатые вещества, моющие средства, растворители, краски), хотя и достаточно существенные, не приближаются к тому количеству, которое получается от очистки питьевой воды. После обсуждения с различными переработчиками стало ясно, что очистка воды является самым крупным источником отработанного угля. Системы адсорбции активным углем можно использовать для широкого диапазона применений, и потенциально может содержаться коктейль из адсорбированных загрязняющих веществ. К загрязняющим веществам, обнаруживаемым в отработанном активированном угле, относятся:

- хлор;
- ХПК/БПК;
- пестициды;
- органические вещества, придающие цвет, вкус и (или) запах (т.е. гуминовые кислоты);
- обычные органические вещества, такие как фенолы;
- металлы, такие как железо, алюминий, кадмий и ртуть;
- неорганические элементы, такие как кальций и фосфор;
- краски (причина цвета);
- моющие средства;
- фенолы;
- взрывчатые вещества (только в материалах, которые поступают от производства взрывчатых веществ).

Продукты на основе активированного угля в основном имеются в трех формах: экструдированный активированный уголь, гранулированный активированный уголь и порошкообразный активированный уголь. Последняя форма не регенерируется.

Отработанные ионообменные смолы. Значительная часть смол, продающихся по всему миру, используется для очистки воды (например, для умягчения воды). Оставшаяся часть разделена между химической промышленностью, экстракционной металлургией, пищевой и фармацевтической промышленностью.

Работающие ионообменные смолы могут концентрировать в себе токсичные ионы, такие как хроматы и цианиды, или тяжелые металлы. Вследствие преобладающего применения для воды в них могут также содержаться пестициды, хор, фенолы и неорганические элементы, такие как кальций, кадмий, магний и фосфор.

Обычные ионообменные смолы имеют каплеобразную форму и ведут себя как пластмассовые шарикоподшипники при обращении. В них содержатся ионоактивные участки по всей структуре, они имеют равномерно распределенную активность и обычно могут противостоять разламыванию при обращении или вследствие осмотического удара. Большинство ионообменных смол продается в виде шариков с размерами от 40 мкм до 1,2 мм.

Обработка жидких фотографических отходов.

**Таблица 2.81 КРИТЕРИИ ПРИЕМА ФОТОГРАФИЧЕСКИХ ЖИДКИХ ОТХОДОВ С ИЗВЛЕЧЕННЫМ СЕРЕБРОМ И СХОДНЫХ СТОЧНЫХ ВОД (С ТАКИМИ ЖЕ СПОСОБАМИ ОБРАБОТКИ)**

Параметр	Концентрация (мг/л)	
Углеводороды	6000	Выбросы на стадии испарения (отходы цветной фотографии)
ЕОХ	10	
Ингибиторы дыхания	5%	
Металлы (Zn, Ni, Pb, Cr, Mo)	50	
Ag	50/100	Отходы черно-белого/цветного фото
Cd	1,0	
Cu	25	
Hg	1,0	

### 2.1.4.2 Потребление ресурсов и реагентов в процессах обработки отходов, проводимых с целью получения рециклируемых материалов

Потребление ресурсов и реагентов при регенерации отработанных масел.

В отличие от транспортирования основные эксплуатационные расходы относятся к генерации пара для нагрева отработанных масел.

**Таблица 2.82 ЗАТРАТЫ НА РАЗЛИЧНЫЕ СПОСОБЫ РЕГЕНЕРАЦИИ ОТРАБОТАННЫХ МАСЕЛ**

Процесс	Соединения, используемые в процессе	Соединения (значения в кг/т отработанных масел, если нет иного определения)
Процесс с кислой отбеливающей глиной	Серная кислота в качестве агента для осаждения тяжелых металлов. Глина в качестве агента для фильтрации/нейтрализации	36
Предварительная обработка отработанных масел	Дезэмульгаторы для оказания помощи в процессе осаждения	
Процесс дистилляции с глиной	Глина	40
Деасфальтирование пропаном (PDA)	Потребление энергии выше, чем при регенерации с помощью химической переработки или с помощью гидрогенизации	
Пленочный испаритель (TEF) + процесс с глиной	Глина	60
TEF + гидроочистка	Водород и катализаторы	
TEF + экстракция растворителем	Растворитель	
TEF + химическая обработка + экстракция растворителем	Энергия Каустическая сода Растворитель	3,2 МДж/кг отработанных масел 10 0,3
TEF + экстракция растворителем + гидроочистка	Катализатор водородом Mohawkchemical <sup>37</sup> Газообразный водород	0,25 12 2
TDA (термическое деасфальтирование) + обработка глиной	Глина	100

Процесс	Соединения, используемые в процессе	Соединения (значения в кг/т отработанных масел, если нет иного определения)
TDA + гидроочистка (при высоком давлении)	Катализатор	0,5
PDA (деасфальтирование пропаном + гидроочистка (при среднем давлении))	Пропан	8,25
С термической обработкой глиной	Ресурсы ископаемой энергии	4,26 МДж/кг отработанных масел
С гидроочисткой	Энергия	9,93 МДж/кг отработанных масел
Вакуумная дистилляция + химическая переработка	Потребление ископаемого топлива Первичная энергия Потребление воды	47 кг-эквивалентов сырой нефти 2681 МДж 3300
Процесс регенерации	Ресурсы ископаемой энергии	42,46 МДж/кг масел
Обработка едким натром и отбеливающей глиной (ENTRA)	Едкий натр Отбеливающая глина	30 20
Гидрогенизация с непосредственным контактом (DCH)	Водород Катализатор	70 нм <sup>3</sup> /ч 0,5

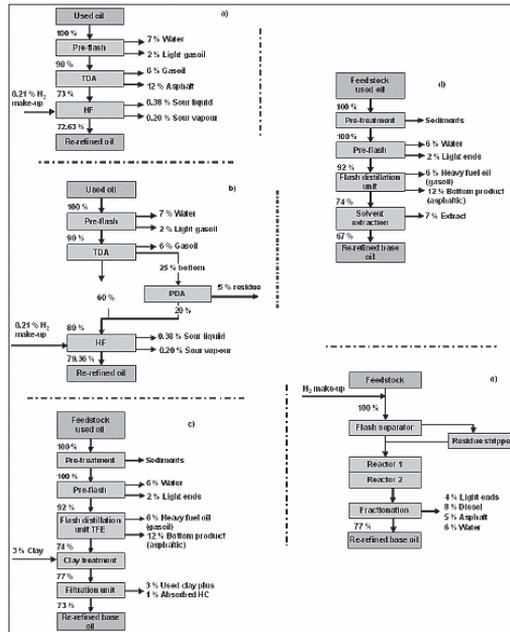
В табл. 2.83 приведены затраты для регенерации части отработанных масел до базового масла, которое затем повторно используется как смазочное масло, вместе с регенерацией остающихся отработанных масел в котельное топливо.

**Таблица 2.83 ПОТРЕБЛЕНИЕ ОТРАБОТАННЫХ МАСЕЛ В РАМКАХ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПО РЕГЕНЕРАЦИИ ОТРАБОТАННЫХ МАСЕЛ**

	Потребление	Единицы
Экономика		
Затраты на капвложения для установки для переработки	4,85 (36)	Млн. евро (датских крон)
Обслуживание	0,094 (0,7)	Млн. евро (датских крон)/год
Период эксплуатации	20	лет
Трудозатраты	10	Количество работающих
Использованные ресурсы		
Химикаты	291,5	тонн
Вода	8000	м <sup>3</sup>
Электроэнергия	1150	МВт-час
Котельное топливо	1200	м <sup>3</sup>

На рис. 2.5 приведена структурная схема, в которой дано сравнение между входами и выходами различных процессов регенерации.

Рисунок 2.5: МАТЕРИАЛЬНЫЙ БАЛАНС ПРОЦЕССА РЕГЕНЕРАЦИИ



232

Пояснения к рисунку:

Usedoil – отработанное масло; Pre-flash – предварительное испарение; TDA – термическое деасфальтирование; HF – гидроочистка; Re-refinedoil – регенерированное масло; make-up – состав; Water – вода; Liquidgasoil – дизельное топливо; Gasoil – газойль; Asphalt – асфальт; Sourliquid – высокосернистый пар; Sourvapour – высокосернистый пар; Bottom – донный осадок; PDA – деасфальтирование пропаном; Feedstockusedoil – исходное сырье в виде отработанных масел; Pre-treatment – предварительная обработка; Sediments – отложения; Lightends – легкие фракции; FlashdistillationunitTFE – установка для дистилляции выпариванием при пониженном давлении; Clay – глина; Claytreatment – обработка глиной; Filtrationunit – установка для фильтрации; Re-refinedbaseoil – регенерированное базовое масло; Heavyfueloil (gasoil) – тяжелое дизельное топливо (газойль); Bottomproduct (asphaltic) – кубовый продукт (асфальтовый); UsedclayplusadsorbedHC – отработанная глина и адсорбированные углеводороды; Solventextraction – экстракция растворителем; Extract – экстракт; Flashseparator – сепараторочистки; Residuestripper – отпарная колонна для остатка; Reactor – реактор; Diesel – дизельное топливо

В табл. 2.84 приведено потребление системы TDA и TDA совместно с PDA.

Таблица 2.84 ЗНАЧЕНИЯ ПОТРЕБЛЕНИЯ ДЛЯ СИСТЕМЫ TDA И TDA СОВМЕСТНО С ПРОЦЕССОМ

Традиционная система TDA/HF						
Потребление и потребители	PF	TDA	HF		Итого	Единица
Потребление электроэнергии	1,5	12	20		11,5	кВт-час
Пар среднего давления	285	322	70		677	кг
Охлаждающая вода (состав)(1)	1,1	5	0,3		6,4	т
Топливо (использованное тепло)		670	711		1380	МДж

Традиционная система TDA/HF						
Водород			2,1		2,1	кг
Катализатор			0,2+0,05(2)		0,2+0,05(2)	т
Состав пропана						кг
Система с высоким уровнем утилизации						
Потребление и потребители	PF	TDA	HF	PDA	Итого	Единица
Потребление электроэнергии	1,5	12	20	13	46,5	кВт-час
Пар среднего давления	285	322	70	135	812	кг
Охлаждающая вода (состав)(1)	1,1	5	0,3	4	10,4	т
Топливо (использованное тепло)		670	711	920	2300	МДж
Водород			2,1			кг
Катализатор			0,2+0,05(2)		0,2+0,05(2)	т
Состав пропана				0,8	0,8	Кг

(1) На основе потерь на испарение 10%

(2) Катализатор для демецеллизации + катализатор для рафинирования

Примечание: потребление основано на производительности 100 тыс. т/год по отработанному маслу, с учетом 10% влагосодержания. Все параметры выражены в единицах/т отработанного масла. HF - гидроочистка; PDA – деасфальтирование пропаном; TDA – термическое деасфальтирование; PF – предварительное испарение.

Таблица 2.85 ПОТРЕБЛЕНИЯ НА РАЗЛИЧНЫХ УСТАНОВКАХ ДЛЯ РЕГЕНЕРАЦИИ ОТРАБОТАННЫХ МАСЕЛ В СТРАНАХ

Производительность	т/год	2001	4600	6824	15000	17171	19960	46208	90500
Потребление топлива	ГДж/год		19146	33486	40671	54751	16705	405883	
Потребление электроэнергии	МВт-ч/год	345	225	1200	1380	2024	655	9215	
Потребление тепла	МВт-ч/год	157			0	15208			
Вода	м3/год	617		80000	9848	9929	1557	407000	2213000
Охлаждение	МДж/год				44000				
Удельное потребление электроэнергии	кВт-ч/т	172,4	48,9	175,8	92	117,9	32,8	199,4	
Удельное потребление тепла	кВт-ч/т	78,5				885,7			

Потребление ресурсов и реагентов при регенерации отработанных растворителей.

В табл. 2.86 показаны данные потребления для двух установок, работающих в ЕС. Другие данные, сообщенные о потреблении энергии, ниже 1 ГДж/т.

**Таблица 2.86 ПОТРЕБЛЕНИЯ НА ДВУХ УСТАНОВКАХ ДЛЯ РЕГЕНЕРАЦИИ ОТРАБОТАННЫХ РАСТВОРИТЕЛЕЙ**

Параметр потребления	Единицы		
Производительность	тыс.т	12	27,5
Газообразное топливо	ГДж/год	19651	
Потребление топлива	ГДж/год		31628
Электроэнергия	МВт-ч/год	1571	2984
Вода	м³/год	19000	40776

Потребление ресурсов и реагентов при регенерации отработанных катализаторов. В табл. 2.87 приведен общий материальный баланс для примера регенерации. Почти 375 т катализатора было утилизировано для повторного использования.

**Таблица 2.87 МАССОВЫЙ БАЛАНС ПРИ КОММЕРЧЕСКОЙ РЕГЕНЕРАЦИИ ОТРАБОТАННОГО СОМО КАТАЛИЗАТОРА**

Общий материальный баланс	Значения в кг	
Материал в состоянии поставки		620982
Инертный носитель	27099	
Не регенерированные пыль и мелкая фракция	9569	
Общее не регенерированное сырье на установку		584313
Отсев от сортировки по длине и регенерированных пыли и мелкой фракции	37191	
Потери при прокаливании	172143	
Нетто регенерированные катализаторы		374980

Потребление ресурсов и реагентов при обработке твердых фотографических отходов. Потребление электроэнергии на измельчение, промывку/полоскание и электролиз составляет от 100 до 300 кВт-час на тонну отходов. В зависимости от процесса извлечения серебра используются вспомогательные материалы. Это показано в табл. 2.88.

**Таблица 2.88 ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ КОЛИЧЕСТВА ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ОТХОДОВ ФОТОГРАФИИ С ИЗВЛЕЧЕНИЕМ СЕРЕБРА**

Извлечение серебра с отбеливающим фиксирующим раствором	Извлечение серебра с хлоридом железа
Гидроксид натрия (20%): 6 л/т пленки	Хлорид железа (40%): 11 л/т пленки
Серная кислота: 6 л/т пленки	Соляная кислота (36%): 8 л/т пленки
Бисульфит натрия: 12 л/т пленки	Сульфит натрия: 12 л/т пленки
	Перекись водорода (35%): 4 л/т пленки

Потребление ресурсов и реагентов при обработке жидких фотографических отходов. Потребление энергии. Потребление электроэнергии для электролиза жидких фотографических отходов варьируется от 12 до 46 кВт-час/т. По-

требление электроэнергии зависит от содержания железа. Для отбеливающего фиксирующего раствора потребление выше вследствие более высокого содержания железа. Для ультрафильтрации требуется приблизительно 27 кВт-час электроэнергии и 13 МДж/т жидких отходов для нагрева промывочной воды. Потребление электроэнергии для химического извлечения серебра оценивается в 3,5 кВт-час/т жидких фотографических отходов.

Потребление энергии для испарения сточных вод составляет приблизительно 220 МДж/т. Если испарение применяется также как предварительная обработка, в случае обработки сточных вод от цветной фотографии, потребление энергии составит приблизительно 350 МДж/т сточных вод. Требуемое количество электроэнергии для электрофлокуляции в случае дополнительного извлечения серебра составит приблизительно 80 кВт-час/т сточных вод. Для дополнительной физико-химической и биологической обработки требуется приблизительно 5 кВт-час/т сточных вод.

Потребление химикатов. В табл. 2.89 показано потребление химикатов для осаждения сульфидов/ультрафильтрации фотографических жидких отходов.

**Таблица 2.89 ПОТРЕБЛЕНИЕ ХИМИКАТОВ ДЛЯ ОСАЖДЕНИЯ СУЛЬФИДОВ/УЛЬТРАФИЛЬТРАЦИЯ**

Химикат	Потребление (кг/т фото отходов)	Функция
Сульфид натрия	0,1	Осаждение серебра (и других металлов)
Лимонная кислота	0,7	Очистка мембран
Гидроксид натрия	0,01	Очистка мембран
Моющие средства	0,01	Очистка мембран
Вода	75	Очистка мембран

Для химического извлечения серебра потребление химикатов оценивается в 1,5 литра борогидрида натрия и 2,5 литра серной кислоты на тонну фотографических жидких отходов.

При физико-химической обработке фотографических жидких отходов с извлечением серебра используются некоторые химикаты. Потребление показано в табл. 2.90. Если применяется испарение как предварительная обработка, в последующих стадиях обработки практически не применяются химикаты. Большинство загрязняющих веществ уже удалено на стадии испарения.

**Таблица 2.90 ПОТРЕБЛЕНИЕ ХИМИКАТОВ ПРИ ОБРАБОТКЕ ФОТОГРАФИЧЕСКИХ ЖИДКИХ ОТХОДОВ С ИЗВЛЕЧЕНИЕМ СЕРЕБРА**

Химикат	Потребление (кг/т сточных вод)	Комментарии
Гидроксид натрия (33%)	0,007	
FeCl <sub>3</sub>	0,003	
Угольный порошок	0,5	
Флокулянт	5	В случае извлечения серебра
Na <sub>2</sub> S (40%)	15	В случае извлечения серебра

### 2.1.4.3 Негативные воздействия в процессах обработки отходов, проводимых с целью получения рециклируемых материалов

#### 2.1.4.3.1 Негативные воздействия от регенерации отработанных масел

Для того, чтобы оценить негативные воздействия от регенерации отработанных масел, необходимо рассмотреть несколько проблем:

- в отходах смазочных масел содержатся органические соединения с более короткими цепями, чем в новых смазочных маслах, и, поэтому, важными будут ЛОС;
- известно, что сера и хлор являются "проблемными" веществами в отработанных маслах;
- ароматические соединения, в общем, являются более полярными, чем алифатические молекулы, и, поэтому, с большей вероятностью находятся в водной фазе.

Сектор переработки масел имеет узкий диапазон организаций и с большей вероятностью реагирует на основной метод расчета выбросов, если можно идентифицировать составляющие масла. Далее следуют подробности о различных загрязняющих веществах и среде, где они могут быть обнаружены. Был составлен ряд таблиц для концентрации внимания на загрязняющих веществах (табл. 2.91 и 2.92), в то время как другие таблицы сосредоточены на деятельности, которая может приводить к загрязнению (табл. 2.93).

236

Таблица 2.91 ОБЫЧНЫЕ НЕГАТИВНЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОТ УСТАНОВОК ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ОТРАБОТАННЫХ МАСЕЛ

Виды	Воздух	Вода	Отходы и почва
<i>Органические соединения</i>			
Бензол	Да – имеются некоторые данные, но трудно распределить между воздухом/водой/землей	Да – имеются некоторые данные, но трудно распределить между воздухом/водой/землей. Полярное соединение	Да – имеются некоторые данные, но трудно распределить между воздухом/водой/землей
Этилбензол (ЛОС)	Данных не имеется	Да (как ВТЕХ)	Да (как ВТЕХ)
Толуол		Да – имеются некоторые данные, но трудно распределить между воздухом/водой/землей	Да – имеются некоторые данные, но трудно распределить между воздухом/водой/землей
Ксилол	Да – имеются некоторые данные, но трудно распределить между воздухом/водой/землей	Да – имеются некоторые данные, но трудно распределить между воздухом/водой/землей	Да – имеются некоторые данные, но трудно распределить между воздухом/водой/землей
ЛОС	Да – имеются некоторые неполные данные, но трудно распределить между воздухом/водой/землей. Вероятно, в воздух попадают алканы с короткими цепями. Так как в отработанных маслах обычно содержатся легкие фракции, такие как бензин, ЛОС могут выделяться при хранении (от емкостей и соединений с ними трубопроводов) для любого рассматриваемого процесса. В результате поведения масел, подвергающихся нагреву и перемешиванию, происходят выбросы ЛОС	ВТЕХ, в частности, являются полярными молекулами, но также летучими, и они находятся в водной фазе и (или) испаряются в воздух	

Виды	Воздух	Вода	Отходы и почва
Нафталин		Имеются некоторые данные	Имеются некоторые данные
Бифенил		Ограниченные данные, они могут быть не значащими	Ограниченные данные
Фенол	Выбросы в воздух не ожидаются, поскольку фенол сильно растворим в масле и воде	Важное соединение, но нет данных	Важное соединение, но нет данных
Соединения серы и азота	Постепенное повышение добавок серы и азота в смазочных маслах может потребовать участков для их мониторинга		Обнаруживаются в осадке отработанных масел
РСВ и хлорированные растворители: идентифицированы как находящиеся в некоторых анализах		Растворители и более легкие соединения удаляются при обезвоживании. Лигроин и фракции легкого дистиллята обычно отгоняются на последующих установках для переработки. Если потоки углеводородов подаются в реактор гидроочистки, могут удаляться хлориды	Осадок отработанных масел
РАН. Они являются проблемой при рафинировании базовых масел. Однако недавние испытания указывают, что возможно удаление РАН в процессе регенерации на современных установках, таким образом, избегая накопления РАН. РАН разрушаются за счет жесткого режима гидрогенизации, при котором также удаляются азот, сера, металлы и хлориды	Маловероятно, что РАН выбрасываются в воздух в течение процессов переработки масел. Они не являются летучими соединениями, а их позиция как воздушных канцерогенов связана с выделением их как продуктов сжигания ископаемых топлив. Возможность выбросов РАН существует при переработке масляных фильтров. Большинство фильтров дробится в некоторых местах с образованием тонкой нефтяной пыли. Может быть камин и дымоход, но это потенциальный механизм для выброса РАН в воздух, а масло в масляных фильтрах имеет высокую концентрацию твердых частиц, и, следовательно, РАН. Это может не иметь особого значения, так как это более мелкие частицы, которые с большей вероятностью попадут в воздушные выбросы. Поведение масел, подвергающихся нагреву и перемешиванию, может привести к образованию выбросов РАН	Важные соединения, но нет данных	Тяжелые РАН на установках регенерации завершают свою жизнь либо в потоке остатков и (или) в асфальтовых смесях. Более легкие РАН остаются во фракциях смазочных масел. Имеется возможность их нахождения в осадках отработанных масел. Важные соединения, но нет данных
<i>Другие загрязнители воздуха</i>			
СО <sub>2</sub> от многих процессов сжигания			
Запах	Запах был идентифицирован как важная проблема на установках для регенерации		

Виды	Воздух	Вода	Отходы и почва
<i>Обычные параметры воды и отходов</i>			
Общий азот		Добавки азота и фосфора	Добавки азота и фосфора
Общий фосфор		Добавки азота и фосфора	Добавки азота и фосфора
ТОС		Рассчитывается из ХПК как 1/3 от ХПК	Не имеются за исключением рассчитанных из содержания масла, но они должны быть слишком низкими (или ХПК)
Хлориды		Добавки в масле и соли на дорогах	Добавки в масле и соли на дорогах
Масло		Само масло является визуальным загрязнителем, когда оно всплывает на воде, а питьевая вода быстро портится из-за вкуса масла	Осадок отработанных масел
Металлы			
Металлы			Металлы от процессов регенерации в большинстве случаев представляют собой остатки измельчения. Летучие металлы удаляются с помощью обеззоливающего предохранительного реактора в процессе гидрообработки, если таковая проводится. Возможно их наличие также в осадке от отработанных масел
Мышьяк	Не ожидается	Имеются некоторые данные	Имеются некоторые данные
Кадмий	Не ожидается	Имеются некоторые данные, но они сомнительные	Имеются некоторые данные, но они сомнительные
Хром	Не ожидается	Имеются некоторые данные	Имеются некоторые данные
Медь	Не ожидается	Ограниченные данные	Ограниченные данные
Свинец	Не ожидается	Имеются некоторые данные, но они сомнительные	Имеются некоторые данные, но они сомнительные. В вариантах регенерации свинец завершает свою жизнь в тяжелых остатках, которые "блокируются" в продуктах на основе битума

Виды	Воздух	Вода	Отходы и почва
Марганец	Не ожидается		
Никель	Не ожидается	Да, но не имеется данных	Да, но не имеется данных
Цинк	Не ожидается	Имеются некоторые данные	Имеются некоторые данные

Следующая табл. 2.92 отражает, каким образом распределяются загрязняющие вещества между выбросами в воздух, сбросами в канализацию и целевыми продуктами. Как можно видеть, большая часть загрязняющих веществ остается в утилизированном масле. Основным исключением к этому являются ЛОС, для которых существует возможность их переноса в воздух, а количество будет зависеть от типа масла и того, нагревается ли масло при переработке.

**Таблица 2.92: МАТРИЦА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ, ПОСТУПАЮЩИХ В ВОЗДУХ, СТОКИ И ПРОДУКТЫ, ПРИ ПРОЦЕССАХ ГОРЯЧЕЙ И ХОЛОДНОЙ ОБРАБОТКИ**

Вещества на входе	Горячая переработка			Холодная переработка		
	Воздух	Продукты	Вода	Воздух	Продукты	Вода
Бензол	0,6	0,3	0,1	0,2	0,7	0,1
Толуол	0,3	0,7	0	0,1	0,9	0
Ксилол	0,1	0,8	0,1		0,9	0,1
Нафталин		1			1	
Бифенил		1			1	
Бенз-а-антрацен		1			1	
Бенз-а-пирен		1			1	
Гептан	0,2	0,8			1	
Октан	0,1	0,9			1	
Нонан		1			1	
Декан		1			1	
Ундекан		1			1	
Мышьяк		1			1	
Кадмий		1			1	
Хром		1			1	
Медь		1			1	
Свинец		1			1	
Никель		1			1	
Цинк		1			1	

Примечание: цифры соответствуют доле распределения веществ в исходных потоках. Например, на каждый кг бензола, поступающего на горячую переработку, 0,6 кг завершает свою жизнь в виде выбросов в воздух, 0,3 кг поступает в масло и 0,1 кг в сточные воды. 1 означает, что все поступает в конечный продукт.

Таблица 2.93 ОСНОВНЫЕ ИСТОЧНИКИ НЕГАТИВНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ В ПОМЕЩЕНИЯХ ДЛЯ РЕЦИКЛИНГА МАСЕЛ

Деятельность/установка	Выбросы из точечных источников		
	В воздух	В воду	На размещение
Фильтрование и измельчение	Масляный туман		
Магнитная сепарация	Масляный туман		
Опорожнение бочек/измельчение	Масляный туман		
Разгрузка цистерн	Дренаж баков		
Фильтрование грубых частиц	Масляный туман		
Хранение в резервуарах	Дренаж баков.		
Очень мало дренажей баков соединено вместе. С дренажа будет происходить выброс в "воздух", когда будет происходить перемещение при наполнении бака. Маловероятно, что эти выбросы будут вызывать значительное загрязнение, если только содержимое бака не будет нагреваться или перемешиваться	Осевшая вода (при переработке)	Осадившийся ил	
Осаждение холодного масла	Дренаж баков	Осевшая вода (при переработке)	Осадившийся ил
Осаждение горячего масла	Дренаж баков	Осевшая вода (при переработке)	Осадившийся ил
Вибросито	Туман и пар		Осадок
Закрытые фильтры			Отработанные элементы и осадок
Бокситовая башня			Отработанный боксит
Вакуумная дегидрация	Пар (из скрубберов)		
Смешивание продуктов	Дренаж баков		
Хранение/декантирование откочанного осадка	Дренаж баков		
Осаждение холодных стоков	Дренаж баков		
Осаждение горячих стоков	Дренаж баков		
Биологическая очистка стоков	Пневматическая аэрация		
Фильтр-пресс			Фильтрат
Пластинчатый сепаратор		Сток	Осадившийся ил
Хранение и загрузка осадка/твердой фазы с механическим управлением			Смешанные твердые отходы
Котел, работающий на отработанных маслах	Выбросы из дымовой трубы		

	Выбросы из точечных источников		
Отводной коллектор для отходов	Так как они обычно поступают от мощных поверхностей, которые уже подвержены воздействию воздуха, вероятно, уже будет выброшено в воздух все, что может быть выброшено на этой стадии, если только не будет нагрева в течение переработки		

На многих участках происходят случайные проливы масел на основании участка или в течение хранения, либо перемещения материалов на участке. Основание участка обычно конструируется для удержания жидких проливов и для возвращения их на установку, но будет происходить некоторое испарение в воздух.

В следующей таблице идентифицированы выбросы в воздух, сбросы в воду и твердые отходы, образующиеся для каждого типа переработки отработанных масел. В некоторых случаях выбросы определены количественно с данными, приведенными в таблице.

**Таблица 2.94 ПРОБЛЕМЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ, ВОЗНИКАЮЩИЕ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБАХ РЕГЕНЕРАЦИИ ОТРАБОТАННЫХ МАСЕЛ**

Процесс	Выбросы (значения в кг/т отработанных масел, если не определено иное)		
	Воздух	Вода	Почва и остатки
Отделение масла от потока воды	Может происходить ряд других видов выбросов, таких как металлы, нафталин, дополнительный азот, толуол, ксилол и РАН	Может происходить ряд других видов сбросов, таких как металлы, нафталин, толуол, ксилол и РАН	Может происходить ряд других видов сбросов, таких как металлы, нафталин, толуол, ксилол и РАН
Фильтрация. Рециклинг промышленных масел в замкнутой системе	От процесса утилизации масел выбросы составляют 20-40 мг/м <sup>3</sup> ЛОС, в то время как при нагреве выбрасывается 262 кг ЛОС по сравнению с пределами в 100 мг/м <sup>3</sup> и 10 т/год	Сточные воды	Фильтрацию можно рассматривать как замкнутую систему, поскольку при этом образуется очень мало (если вообще образуется) отработанных масел. В загрязненном осадке после фильтра содержится 20-30% масел. Этот поток отходов перерабатывается с помощью негашеной извести и становится пригодным для совместного сжигания в цементной печи. Приемлемость одного способа, в котором используется глина, известная как "отбеливающая глина", для удаления загрязняющих веществ, становится более жестким условием для размещения на полигоне. Способ все еще используется в Новой Зеландии, но удаление загрязненной глины, вероятно, будет проблемой. Выбросы на землю: фильтрат, который включает в себя твердые частицы и мелкие фракции металлов (<100 т/год по сравнению с согласованным пределом 600 т/год) и в некоторых случаях осадки хлорированных растворителей. 80-85% бочек подвергается рециклингу, в то время как другие сдаются в лом

Процесс	Выбросы (значения в кг/т отработанных масел, если не определено иное)		
	Воздух	Вода	Почва и отходы
Регенерация промышленных смазочных масел		Сточные воды от процессов обезвоживания	
Вакуумная дистилляция	Вакуумная дистилляция отработанных масел сопровождается образованием соединений серы, меркаптанов (причина запахов) и ПАУ (некоторые могут быть канцерогенными)		Все металлы, содержащиеся в отработанных маслах, завершают свою жизнь в вакуумных остатках. Эти остатки можно смешать с грубыми вакуумными остатками в такой пропорции, чтобы была возможность их использования как компонента битума
Процесс дистилляции/обработки глиной			Образуются большие количества глины с абсорбированными маслами, которую необходимо удалять. Активированная глина при высокой температуре позволяет снизить отношение глины/маслу, и, таким образом, повысить общую производительность и снизить количество масляной глины, которую необходимо удалять
Пленочный испаритель (TEF) + обработка глиной		Вода: 90%	Глина: 50-60 Битум (металлы и добавки) : 130 Осадки и легкая фракция: 35 В процессе образуются отходы (требующие удаления)
Процесс с кислотой глиной			В этом процессе образуется большое количество осадков и твердых частиц, требующих удаления. Эти осадки (кислые смолы) и концентрированные кислые соединения содержат также высокие концентрации ПАУ, серной кислоты и соединений серы, а также большинство металлов от отработанных масел. Эти смолы непригодны для депонирования по своим физическим и химическим свойствам. Последнее ограничение можно иногда преодолеть за счет: <ul style="list-style-type: none"> <li>• удаления кислого осадка совместно с маслянистой глиной, в гранулированной форме, на цементные фабрики или подрядчикам</li> <li>• сжигания, но отходящие газы необходимо очищать едким натром, а получающиеся отходы необходимо перерабатывать с помощью нейтрализации. Получающиеся продукты намного менее активны, чем кислая смола</li> <li>• обработки для получения серной кислоты или SO<sub>2</sub>. Отработанная глина (4% по весу от исходного сырья + абсорбированное масло) также должна сжигаться с помощью метода, описанного выше</li> </ul>
Вакуумная дистилляция + химическая переработка или обработка глиной			Отработанная глина и отработанные химикаты должны быть размещены безопасным способом. Нынешняя практика связана с использованием их путем сжигания в цементных печах или в устройствах для сжигания химических отходов

Процесс	Выбросы (значения в кг/т отработанных масел, если не определено иное)		
	Воздух	Вода	Почва и остатки
Вакуумная дистилляция и гидрообработка	Выбросы, обычные для любого процесса обращения с нефтепродуктами		Размещение отработанных после гидрообработки катализаторов должна проводить специализированная компания, знакомая с проблемой. Остаток, образующийся после стадии вакуумной дистилляции, поход на асфальт, и его можно продавать. Топлива, которые образуются на стадии слива, также можно использовать на участке или продавать. Отработанные катализаторы на основе никеля с молибденом либо подвергаются рециклингу в печи по выплавке никеля, либо депонируются
TEF + гидрообработка		Вода: 90	Осадок и легкая фракция: 30 Сера: 35 Битум: 130
TEF + экстракция растворителем		Вода: 90	Осадок и легкая фракция: 30 Экстракт: 60 Битум: 130
TEF + экстракция растворителем + гидрообработка		Вода : 65	Осадок и легкая фракция: 20 Сера: 4 Битум: 130
TDA + гидрообработка (при высоком давлении)		Сточные воды: 770	Легкая фракция/растворители: 35 Глина: 130 Битум (металлы и добавки): 120
PDA + гидрообработка (при среднем давлении)		Сточные воды: 770	Легкая фракция/растворители: 30 Битум: 130
Вакуумная дистилляция + химическая обработка	116 кг эквивалентов CO <sub>2</sub> 2,8 кг эквивалентов SO <sub>2</sub> ЛОС: 0,04 кг эквивалентов C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> 3,6 г твердых частиц	0,0011 кг эквивалентов фосфатов в воде	Удаляемые отходы: 24 Отходы для рециклинга: 33
Дистилляция и щелочная обработка (Vaxon-Cator) <sup>38</sup>		Нет, рециклинг с получением продукции	Небольшое количество
Экстракция растворителем и дистилляция (Sener-Interline) <sup>39</sup>		Сбросы в воду	Нет
Гидрогенизация с непосредственным контактом (DCH)		Сточные воды: 60	Битум: 50 Отработанные катализаторы: 0,75

<sup>38</sup>Процесс, разработанный фирмой Avista (США), в котором используются патентованные химические вещества и технологии экстракции растворителем в сочетании с циклонной вакуумной дистилляцией для регенерации автомобильных масел.

<sup>39</sup>Процесс, разработанный фирмой Interline HydrocarbonInc (США), предназначенный для удаления из отработанных масел добавок, воды, изношенных металлических фракций и других загрязняющих веществ с получением базового масла.

Процесс	Выбросы (значения в кг/т отработанных масел, если не определено иное)		
	Воздух	Вода	Почва и остатки
Пленочный испаритель		Техническая вода, вода, сливаемая из емкостей для хранения и загрязненные поверхностные воды очищаются на установке для очистки стоков. Это проблематично для участка, так как эти водные среды имеют очень высокое ХПК, которое может варьироваться от 40000 до 100000 мг/л при согласованном предельном значении для сброса 80000 мг/л. В стоках содержатся такие вещества, как гликоли, полигликоли, сложные эфиры и глицерин	Экстрагируются остатки от TEF и смешиваются с другими вспомогательными видами котельного топлива, которые также образуются на участке. Большая часть металлоорганических составляющих добавок завершает свою жизнь в остатках, так что их конечное предназначение – вспомогательное котельное топливо, выделяющее в воздух продукты сжигания. Происходит высокое разбавление остатков с образующимся вспомогательным котельным топливом, и смешение соответствует техническим требованиям. Другие остатки, которые включают в себя осадки от емкостей для хранения и установок для очистки стоков, удаляются с участка и подвергаются центрифугированию для регенерации масла. Твердые остатки этого процесса затем подвергаются полигонному депонированию
Обработка едким натром и отбеливающей глиной (ENTRA)		Сточные воды: 60	Отбеливающая глина, едкий натр и остаток: 150
Станция перегрузки отработанных масел		Сточные воды: 102	Осадок и твердые частицы: 2,13 Измельченная сталь: 85
Переработка трансформаторных масел			Отработанные бокситовые катализаторы. Невозвратные бочки и поддоны
Переработка отходов маслоуловителей, растворенных смазочно-охлаждающих жидкостей. Струйная обработка отходов краски на водной основе, стоков, фильтрата		Сточные воды: 1613	Перекачиваемый осадок: 47. Отходы баков и цистерн "извлеченных" и классифицированных по крупности: 43
Регенерация смазочных масел <sup>1</sup>	CO <sub>2</sub> : 123 SO <sub>2</sub> : 1,04 NO <sub>x</sub> : 0,35	Сточные воды: 84	Отходы – осадок масел/химикатов: 0,088
Отработанные растворители масел и маслянистые отходы		Сточные воды: 444	Твердые частицы и осадок: 171
Переработка смесей нефтяных вод и фильтратов		Сток: 1042	Фильтрат и осадок: 55

Процесс	Выбросы (значения в кг/т отработанных масел, если не определено иное)		
	Воздух	Вода	Почва и остатки
Интеграция в систему рафинирования минеральных масел	При условии адекватной предварительной обработки отработанных масел для удаления воды и легких фракций и для снижения содержания органических хлоридов выбросы связаны с выбросами от системы рафинирования (см. BREF газо- и нефтепереработка)		Металлы инкапсулируются в асфальт, так что выщелачивание металлов будет чрезвычайно низким. Однако необходимо решить некоторые проблемы угрозы коррозии установки и и потери активности катализаторов крекинга перед тем, как будет рассматриваться жизнеспособный вариант
Интеграция в часть смазочных масел системы рафинирования	Могут выделяться твердые частицы, сера, галогениды, тяжелые металлы и их оксиды в воздух		Большая часть добавок к смазочным маслам достигает дна. Металлы в остатке после процесса экстракции растворителем все еще выщелачиваются. Могут быть проблемы в размещении их в асфальте, в особенности зимой, когда рыночная активность низкая. Это может не годиться для смешивания в случае тяжелого топлива не только в связи с невыполнением требований фильтрационных испытаний, но также и по экологическим причинам. Ароматические экстракты, которые загрязнены хлоридами, по-видимому, должны удаляться за пределы системы рафинирования
Регенерация	CO <sub>2</sub> эквиваленты (кг эквивалентов CO <sub>2</sub> /кг масла) 3, 19 Потенциал подкисления (г эквивалентов H <sup>+</sup> /кг масла) 0,06 Выбросы ЛОС (г/кг масла) : 9,95 Выбросы CO (г CO/кг масла) 9,74	ХПК (г ХПК/кг масла): 35,02	Отходы (г/кг масла): 411
Химическая обработка + дистилляция + гидроочистка			

<sup>1</sup> Расчеты сделаны на основе годовой переработки/использования 26000 т обезвоженных отработанных масел и производства 8000 тонн базового масла, 12000 т котельного топлива и 4000 т асфальта

Выбросы в воздух. Выбросы в воздух частично контролируются на некоторых участках, но на других не контролируются. Известно, что имеются выбросы ЛОС. Хотя система смазки является полузакрытой, она не является газоплотной, поэтому, следует ожидать, что летучие газы должны испаряться и покидать систему при нормальной рабочей температуре.

Системы очистки для снижения выбросов масел в воздух имеются на некоторых установках. На других участках при избыточной концентрации в зданиях проводится просто вентиляция с помощью отсасывающих вентиляторов, а все емкости оснащены системой вентиляции в воздух.

На большинстве установок принимают такие отходы, которые вызывают проблему запахов масла. Контроль запаха на таких установках требует высоко-

го уровня контроля управления и внимания. Запахи обычно образуются при хранении, например, проблемы запаха могут возникнуть при открытии люков на верху бака для хранения масла или в открытых виброситах.

Обычно бывают не определены надежные цифровые данные в отношении концентрации загрязняющих веществ в воздухе, возникающих вследствие выбросов от процессов регенерации отработанных масел. Однако некоторые виды матричного распределения приведены в табл. 3.95.

**Таблица 2.95 МАТРИЦА ВЫБРОСОВ В ВОЗДУХ ДЛЯ ВСЕХ ОБЫЧНЫХ ПРОЦЕССОВ НА УСТАНОВКАХ РЕГЕНЕРАЦИИ МАСЕЛ И РАСТВОРИТЕЛЕЙ**

Деятельность-	Масляные фильтры	25-литровые бочки	205-литровые бочки	Наливные отработанные машинные масла	Отработанные промышленные масла	Масла и воды (отводной коллектор)	Котельное топливо	Масла для электрооборудования
Разгрузка бункеров с фильтрами								
Хранение бункеров с фильтрами								
Дробление фильтров								
Измельчение фильтров	*							
Магнитная сепарация	*							
Разгрузка 205-литровых бочек								
Хранение 205-литровых бочек								
Опорожнение 205-литровых бочек								
Разгрузка 25-литровых бочек								
Хранение 25-литровых бочек								
Опорожнение/измельчение 25-литровых бочек		*						
Разгрузка цистерны								
Фильтрование грубых частиц								
Хранение в резервуаре								
Расслоение холодного масла								
Расслоение горячего масла					*	*		
Дистилляция					*	*		
Вибросито								
Центрифуга								
Бокситовая башня								*
Вакуумная дегидратация								*
Смешивание продуктов								
Хранение/декантация откачиваемого осадка								
Сжигание стоков				*	*	*	*	

Расслоение холодных стоков									
Расслоение горячих стоков					*	*	*	*	
Биологическая очистка стоков					*	*	*	*	
Осветление стоков									
Уравнительная емкость для стоков									
Пластинчатый сепаратор									
Хранение и обращение осадками/ твердой фракцией с механическим управлением									
Сжигание отработанных масел в котлах					*	*	*	*	

Примечание: в затененных клетках указаны вероятные выбросы, а клетки со звездочками указывают места, которые, как полагают, являются крупными источниками.

**Таблица 2.96 ВЫБРОСЫ В ВОЗДУХ ОТ НЕСКОЛЬКИХ УСТАНОВОК ДЛЯ РЕГЕНЕРАЦИИ  
ОТРАБОТАННЫХ МАСЕЛ, РАБОТАЮЩИХ В ЕС**

Производи- тельность	т/год	6824	15000	17171	46208	90500
Выбросы	млн. нм <sup>3</sup> /г		1489		1754	210,5
Кислород	%	4		7,4	3	10
CO <sub>2</sub>	т/год				24000	
PM	мг/нм <sup>3</sup> кг/год	4	0	4,23	11,17	1960
SO <sub>x</sub>	мг/нм <sup>3</sup> кг/год	14	4000	60000	529,7	92910
NO <sub>x</sub>	мг/нм <sup>3</sup> кг/год	63,7		90	225,8	39610
ТОС	мг/нм <sup>3</sup>		0			3
CO	мг/нм <sup>3</sup> кг/год	501,6	0	193	7,4	1300
HCl	мг/нм <sup>3</sup> кг/год		0	2,8	1,5	263
HF	мг/нм <sup>3</sup>		0			0,08
Общие металлы	мг/нм <sup>3</sup>		0			0,423
Hg	мг/нм <sup>3</sup>		0			0,026
Cd+Pb	мг/нм <sup>3</sup> кг/год		0		0,0008	0
PAH	мг/нм <sup>3</sup> кг/год	0,0008	0		8E-07	0,000175
PCB	мг/нм <sup>3</sup> кг/год		0		8E-07	0
Хлорбензолы	мг/нм <sup>3</sup> кг/год		0		0,08	0
PCDD/PCDF	нг ТЭК/ нм <sup>3</sup> г/год		0		0,008	0,00175
CFC	мг/нм <sup>3</sup> кг/год		0		0	0
Запах	EU OU/ нм <sup>3</sup>		0			
Шум	дБ (А)		75		55	

Примечание: для установок, имеющих только одну колонку, цифровые значения соответствуют концентрации в колонке.

Сбросы в воду. Сбросы в воду обычно хорошо документированы. Это связано с регламентами и принуждениями в отношении ограничений сбросов в трубопроводы бытовой канализации или удаления стоков альтернативными методами. Таким образом, количества сбрасываемых стоков обычно хорошо известны.

Обычно регулярно со сбросов отбираются пробы, что дает возможность получать данные по мониторингу для расчета сбросов при выполнении основных аналитических программ. На участках, на которые поступают большие объемы воды и которые имеют постоянный сброс в систему канализации, обычно пробы отбираются ежедневно. Там, где объемы небольшие, проверка проводится периодически. В табл. 3.97 т 3.98 показаны концентрации параметров воды и матрица для сбросов в воду, образующихся при регенерации отработанных масел.

**Таблица 2.97 ПАРАМЕТРЫ СТОЧНЫХ ВОД ОТ РАЗЛИЧНЫХ ПРОЦЕССОВ РЕГЕНЕРАЦИИ ОТРАБОТАННЫХ МАСЕЛ**

Параметры	Нефтедержащая вода <sup>2</sup> (мг/л)	Техническая вода <sup>2</sup> (мг/л)	Концентрация в стоке (мг/л)
Температура			25оС
pH			7,8
Цвет			светлый
ХПК1 (ТОС)	120	17000	20-2000
Масло/жир			<10
Углеводороды			5-15
Поверхностно-активные аниониты			0,2-0,5
Общие ПАВ			1,0-2,0
Бензол			364
Толуол			1306
Фенолы	1,5	180	0,2-0,4
Нафталин			283
Хлорированные растворители (различные)			309-666
1, 2 - дихлорэтан			<0,1
Гексахлорбутадиен			<0,001
Гексахлорбензол			<0,001
1, 2, 4 - трихлорбензол			<0,001
Различные РСВ			<0,001
Бенз-а-антрацен и бенз-а-пирен			Каждый ниже 0,02
Аммиак			4,0-6,0
Взвешенные твердые			<400
Хлориды			
Общий азот			
Общий фосфор			

Параметры	Нефтедержащая вода <sup>2</sup> (мг/л)	Техническая вода <sup>2</sup> (мг/л)	Концентрация в стоке (мг/л)
Общие металлы:			<10
• алюминий			<0,5
• мышьяк			3,4
• барий			80
• кадмий			<0,01-0,34
• хром			10
• медь			
• железо			<0,6
• свинец			271
• цинк			250

<sup>1</sup> Частично деэмульгаторы и моющие средства

<sup>2</sup> Воды с такими параметрами сточных вод направляются на биологическую очистку после отгона легких фракций.

**Таблица 2.98 МАТРИЦА СБРОСОВ В ВОДУ ДЛЯ ВСЕХ ОБЫЧНЫХ ПРОЦЕССОВ НА УСТАНОВКАХ ДЛЯ РЕЦИКЛИНГА МАСЕЛ И РАСТВОРИТЕЛЕЙ**

Деятельность	Наливные отработанные машинные масла	Отработанные машинные масла	Масла и воды (отводной коллектор)	Котельное топливо	Масла для электрооборудования
Расслоение холодных стоков	*	*	*	*	*
Расслоение горячих стоков	*	*	*	*	*
Биологическая очистка стоков	*	*	*	*	*
Осветление стоков	*	*	*	*	*
Осадок на фильтр-пресс	*	*	*	*	*
Осадок в уравнивательный бак	*	*	*	*	*
Пластинчатый сепаратор	*	*	*	*	*

249

**Таблица 2.99 СБРОСЫ В ВОДУ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ОПЕРАЦИЙ НА УСТАНОВКАХ РАФИНИРОВАНИЯ В СТРАНАХ**

Производительность	т/год	6824	15000	17171	19960	46208	90500
Образующиеся сточные воды	м <sup>3</sup> /год		1800		6180	298287	375000
Образование сточных вод/производительность установки	м <sup>3</sup> /т		0,12		0,3096	6,4553	4,1436

Производительность	т/год		6824	15000		17171	19960	46208		90500	
	кг/год	кг/год		кг/год	кг/год			кг/год	кг/год		
Взвешенные твердые	кг/год	кг/год					931	6860	22,99	0	0
ТОС	кг/год	кг/год						1490	4,99		
БПК5	кг/год	кг/год		4000	72000					13300	38
ХПК	кг/год	кг/год		8000	14400	300	27703	25650	85,99	39550	113
Углеводороды	кг/год	кг/год	0,18					430	1,44		0,4
Фенолы	кг/год	кг/год	0,4	0		0,8	42,58	14	0,04	105	0,3
АОХ	кг/год	кг/год						0	0		
ВТХ	кг/год	кг/год	0,4					0	0		
Общий азот (как N)	кг/год	кг/год						10000	0,033		0,008
Нитритный азот (NO2-N)	кг/год	кг/год						180	0,6		0,32
CN <sub>свободный</sub>	кг/год	кг/год						0	0		0,008
Сульфиды (свободные)	кг/год	кг/год				1					0,4
F общий	кг/год	кг/год									0,4
P общий	кг/год	кг/год						2980	9,99	140	0,4
Общие металлы	кг/год	кг/год		0,56							
Al	кг/год	кг/год		0,08				476	1,6	140	0,4
Fe	кг/год	кг/год		0,08				952	13,2	35	0,1
As	кг/год	кг/год		0,08				116	9,4		0,0024
Cr <sub>3</sub>	кг/год	кг/год		0,08				952	3,2		0,08
Cr (VI)	кг/год	кг/год		0,08				44	0,16		0,008
Cu	кг/год	кг/год		0,08				92	0,32		0,024
Hg	кг/год	кг/год		0,08				1,12	0,004		0,00032
Ni	кг/год	кг/год		0,08				476	1,6		0,16
Pb	кг/год	кг/год		0,08			0,291	68	0,24		0,04
Zn	кг/год	кг/год		0,08			1,276	236	0,8		0,24

Примечание: когда имеется только одна колонка для определенной производительности, данные относятся к значениям концентрации.

Твердые отходы и сброс на землю. Осадки обычно проверяют на содержание металлов, масел и влажности. Такая проверка проводится реже, чем проверка сточных вод для систем канализации.

**Таблица 2.100 ТИПЫ ОТХОДОВ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ В ПРОЦЕССАХ РЕГЕНЕРАЦИИ ОТРАБОТАННЫХ МАСЕЛ**

Тип отходов	Параметры отходов				
	Металлы	Влажность	НС и ТОС	Соединения S	Прочее
Осадки	Могут содержать некоторые токсичные металлы	X	X	X	
Донные отложения в баке			X		
Твердые частицы от фильтров	X		X		РАН и РСВ
Отходы отводного коллектора	X	Низкие	X		Фосфаты, РАН, твердые частицы, не относящиеся к смазочным маслам
Отходы очистки от фильтров	X				

**Таблица 2.101 МАТРИЦА СБРОСОВ НА ЗЕМЛЮ ДЛЯ ВСЕХ ОБЫЧНЫХ ПРОЦЕССОВ НА УСТАНОВКАХ ДЛЯ РЕЦИКЛИНГА МАСЕЛ И РАСТВОРИТЕЛЕЙ**

Деятельность	Типы отходов						
	25-литровые бочки с маслом	205-литровые бочки с маслом	Наливные отработанные машинные масла	Отработанные промышленные масла	Масла и воды (отводной коллектор)	Котельное топливо	Масла для электрооборудования
Хранение в резервуарах			*	*	*	*	*
Расслоение холодных масел			*	*	*	*	*
Расслоение горячих масел			*	*	*	*	*
Дистилляция			*	*	*	*	*
Вибросито			*	*	*	*	*
Центрифуга			*	*	*	*	*
Закрытые фильтры			*	*	*	*	*
Фильтр-пресс для осадков			*	*	*	*	*
Хранение и обращение осадков/твердой фазы с механическим управлением	*	*	*	*	*	*	*

В табл. 2.102 приведены критерии экологических характеристик для различных систем переработки, выявленные в ходе промышленного обследования. В обследовании было сделано глубокое обсуждение для каждой величины в таблице. Каждая величина представляет собой абсолютное значение, которое присвоено этой системе переработки, с учетом специального критерия и оценки характеристик системы по отношению к указанному критерию для других систем.

**Таблица 2.102 ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НЕСКОЛЬКИХ ВИДОВ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПО ПОВТОРНОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ И РЕГЕНЕРАЦИИ**

Процесс	Экологические критерии				
	Соединения S	Металлы	Продукты неполного сжигания + ЛОС	Повторное использование материалов	Повторное использование энергии
Фильтрация, Рециклинг в замкнутой системе (повторное использование)	1	1	3	1	5
Химическая регенерация без дистилляции	2	2	3	1	5
Регенерация с дистилляцией	1	1	1	1	5
Смешение с вакуумными остатками рафинирования	5	3	4	5	1

Примечание: соединения серы: конечное предназначение серы, содержащейся в исходных отработанных маслах.

Металлы: конечное предназначение металлов, содержащихся в исходных отработанных маслах.

Продукты неполного сжигания + ЛОС: выбросы ЛОС или продуктов неполного сжигания (СО, РАН, сажи, диоксинов, фуранов и т.д.), связанные с отработанными маслами.

Значения: 1 – наилучшая характеристика, 5 – наихудшая характеристика в относительной шкале.

### **2.1.4.3.2. Негативные воздействия от регенерации отработанных растворителей**

Наиболее серьезной проблемой в секторе утилизации растворителей являются выбросы летучих органических соединений, которые связаны с утилизацией отработанных растворителей. Выбросы кислых газообразных соединений и твердых частиц также могут быть связаны с операциями по регенерации растворителей.

Выбросы кислых газообразных соединений состоят главным образом из газообразных хлоридов, фтористого водорода и оксидов серы. Основным источником выбросов кислых газов и твердых частиц в отрасли утилизации растворителей является сжигание. Эта проблема является частью BREF по сжиганию отходов.

В операциях по утилизации растворителей донные отложения состоят из органических веществ, таких как маслянистые отходы и осадки сточных вод. Если вода очищается по месту, могут образоваться осадки или другие отходы. Другие негативные воздействия могут быть связаны с забракованными контейнерами или пробами, остатками от промывки емкостей или испарениями в воздух. Некоторые осадки и остатки удаляются горячими из выпарных аппаратов в бочки, и предоставляется возможность их охлаждения и отвердевания. Затем их можно удалять для дальнейшей переработки или размещения. В промышленных системах могут быть следы примесей, которые могут появляться от ингибиторов, денатурирующих средств или от промывки установки. Эти примеси могут вызывать проблемы, в особенности, когда используются способы азеотропной дистилляции.

Также к источникам воздействий относятся дренаж емкостей для хранения, дренаж конденсаторов, дымовые трубы инсинераторов и потери из-за неорганизованных выбросов. Выбросы ЛОС возникают вследствие утечек от оборудования, открытых источников растворителей (например, отвод осадков и хранение материалов от операций дистилляции и начальной переработки), загрузки растворителей и проливов растворителей, и они классифицируются как неорганизованные выбросы.

Растворители могут быть пролиты случайно в течение обращения с ними, дистилляции или деятельности по их очистке. Материалы, которые проливаются на землю, могут разлиться на площади, испариться, а затем оказаться в воздухе, водных объектах или на земле. Необходимо сделать оценку выбросов от серьезных аварийных ситуаций, таких как проливы.

Выбросы в воздух могут появляться из ряда источников, включая неконденсирующиеся пары от операций дистилляции/фракционирования и вследствие потерь от емкостей для хранения и местной вытяжной вентиляции, установленных в местах управления материалами или разлива. Следует ожидать, что концентрации выбросов могут значительно варьироваться. Расходы от колонок непрерывного фракционирования, работающих под вакуумом при устойчивых условиях, обычно бывают очень низкими (1-10 м<sup>3</sup>/ч). Однако при наличии распределительного трубопровода потоки выбросов могут достигать 500 м<sup>3</sup>/ч. Когда местная вытяжная вентиляция соединена с оборудованием для подавления выбросов, это может привести к значительному росту расходов и разбавлению отходящих газов. Для минимизации размера оборудования для подавления выбросов полезно разделять процесс и местную вытяжную вентиляцию.

#### **Рисунок 2.6 ПРИМЕР СХЕМЫ РЕГЕНЕРАЦИИ ОТРАБОТАННЫХ РАСТВОРИТЕЛЕЙ И ТОЧЕК ВЫБРОСОВ**

Рисунок и пояснения к нему смотрите на след. странице:

*Storage tank vent – удаление воздуха из бака для хранения; Condenser vent – удаление воздуха из конденсатора; Fugitive emissions – неорганизованные выбросы; Waste Solvents – отработанные растворители; Storage and handling – хранение и управление; Initial treatment – начальная переработка; Distillation – дистилляция; Purification – очистка; Proliвы на землю; Reclaimed Solvent – регенерированный растворитель; Wasted disposal – удаление отходов; Incinerator stack – дымовая труба инсинератора*

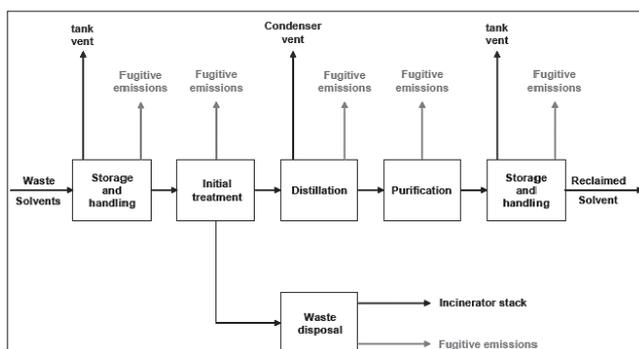


Таблица 2.103 ОСНОВНЫЕ ИСТОЧНИКИ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ И МАТРИЦЫ ВОЗДЕЙСТВИЙ ДЛЯ УСТАНОВОК РЕЦИКЛИНГА МАСЕЛ И РАСТВОРИТЕЛЕЙ

Деятельность/установка	Выбросы			Случайные выбросы
	В воздух	В воду	На полигон	
Разгрузка бункера с фильтрами				Дренаж, проливы и всплески при разгрузке содержимого на землю
Хранение бункера с фильтрами				Проливы на землю
Дробление фильтров				Проливы на землю
Измельчение фильтров	Масляный туман			Проливы на землю
Магнитная сепарация	Масляный туман			Проливы на землю
Разгрузка 205-литровой бочки				Проливы на землю
Хранение 205-литровой бочки				Проливы на землю
Опорожнение 205-литровой бочки				Проливы на землю
Разгрузка 25-литровой бочки				Проливы на землю
Хранение 25-литровой бочки				Проливы на землю
Опорожнение 25-литровой бочки				Проливы на землю
Опорожнение/измельчение 25-литровой бочки	Масляный туман			Проливы на землю
Разгрузка цистерны	Вентиляция бака			Проливы на землю
Фильтрация грубых частиц	Масляный туман			Проливы на землю
Хранение в емкости	Вентиляция бака	Отстой воды (при обработке)	Отстой ила	Проливы на землю

Деятельность/установка	Выбросы			Случайные выбросы
	Вентиляция бака	Отстой воды (при обработке)	Отстой ила	
Расслаивание холодного масла	Вентиляция бака	Отстой воды (при обработке)	Отстой ила	Проливы на землю
Расслаивание горячего масла	Вентиляция бака	Отстой воды (при обработке)	Отстой ила	Проливы на землю
Дистилляция	Вентиляция и неорганизованные выбросы			Проливы на землю
Вибросито	Туман и пар		Осадок	Проливы на землю
Центрифуга				
Закрытые фильтры			Отработанные элементы и осадок	Проливы на землю
Бокситовые башни			Отработанный боксит	Проливы на землю
Вакуумная дегидратация	Пар (из скрубберов)		Проливы на землю	
Смешивание продуктов	Вентиляция бака			Проливы на землю
Хранение/декантирование откачанного осадка	Вентиляция бака			Проливы на землю
Сжигание	Выбросы из дымовой трубы (NOx, CO, ЛОС, HCl, SO2 и т.д.)			
Расслаивание холодного стока	Вентиляция бака			Проливы на землю
Расслаивание горячего стока	Вентиляция бака			Проливы на землю
Биологическая очистка стока	Пневматическая аэрация			
Осветление стока				
Фильтр-пресс			Фильтрат	
Уравнительный бак для стока				Проливы на землю
Пластинчатый сепаратор			Смешанные твердые отходы	Проливы на землю
Хранение и загрузка осадка/твердой фазы с механическим управлением			Смешанные твердые отходы	Проливы на землю
Сжигание в котле отработанных масел	Выбросы в дымовую трубу			

Таблица 2.104 ВЫБРОСЫ В ВОЗДУХ И СБРОСЫ В ВОДУ ОТ УСТАНОВОК ДЛЯ РЕГЕНЕРАЦИИ РАСТВОРИТЕЛЕЙ В ЕС

Параметр	Значение концентрации	Единицы концентрации	Величина нагрузки	Единицы нагрузки
Выбросы в воздух				
Образующиеся газы			14400000	нм <sup>3</sup> /год
Кислород	6	%		
CO <sub>2</sub>			1268018	кг/год
CO	49	мг/м <sup>3</sup>	700	кг/год
SO <sub>2</sub>	86,9	мг/м <sup>3</sup>	850	кг/год
NOx	44,1	мг/м <sup>3</sup>	635	кг/год
ТОС	540	мг/м <sup>3</sup>	237	кг/год
Сбросы в воду				
Сточные воды			2969	м <sup>3</sup> /год
Взвешенные твердые	16	мг/л	47,5	кг/год
ХПК	534	мг/л	1585	кг/год
Фенолы	0,08	мг/л		кг/год
АОХ	0,25	мг/л	0,742	кг/год
Общий азот (как N)	16	мг/л	47,5	кг/год
Общий фосфор	0,43	мг/л	1,27	кг/год
Сульфиды (свободные)	0,08	мг/л		кг/год

Примечание: производительность установки 27,5 тыс. т/год.

В течение хранения и управления и в процессе дистилляции в воздух выбрасываются углеводороды. Выбросы углеводородов (СхНу) при процессе дистилляции оцениваются в 0,5 кг/отработанных растворителей.

В некоторых загрязненных растворителях содержится вода. После обезвоживания в водной фракции содержатся следы растворителя. Водная фракция варьируется от пренебрежимо малого количества до максимум 5-10%. Она очищается на установке для очистки сточных вод и сбрасывается.

Количество осадка при дистилляции зависит от состава отработанных растворителей. В среднем количество оценивается в 25% от переработанного количества.

### 2.1.4.3.3 Негативные воздействия от регенерации отработанных катализаторов

Знания об источнике отработанных катализаторов часто могут дать информацию о потенциальных выбросах вследствие наличия кислот, масел, органических загрязняющих веществ (они могут становиться причиной образования диоксинов в течение процессов плавления) и т.д. Это оказывает непосредственное влияние на потенциальные выбросы в воздух, сбросы в воду и на почву.

Физическое состояние отработанных катализаторов также может влиять на негативные воздействия (например, выбросы твердых частиц зависят от размера частиц отработанных катализаторов, содержания масел и т.д.). Некоторые потенциальные негативные воздействия с различных установок для регенерации катализаторов приведены в табл. 2.107.

**Таблица 2.105 ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ НЕГАТИВНЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ, ВЫЯВЛЕННЫЕ В РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМАХ РЕГЕНЕРАЦИИ РАЗЛИЧНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ**

Загрязнители воздуха	От
Твердые частицы	Неорганизованные выбросы
SO <sub>2</sub>	
NO <sub>x</sub>	
ЛОС	
Диоксины	
Металлы	
Загрязнители воды	
Взвешенные твердые	
Масло	
ТОС	
Металлы	
Твердые отходы	
Масло	
Металлы	
Пыль	Например, от систем подавления выбросов

Сравнительные условия для дымовых газов: сухой газ, 6% O<sub>2</sub>

#### 2.1.4.3.4 Негативные воздействия от очистки и регенерации углерода

Основные экологические проблемы, относящиеся к термической регенерации активированного угля, связаны в основном с газообразными выбросами, такими как диоксид углерода. Кислые газы и пестициды могут стать проблемой, если не будет в наличии обычных мер контроля, таких как камеры дожигания и (или) скрубберы.

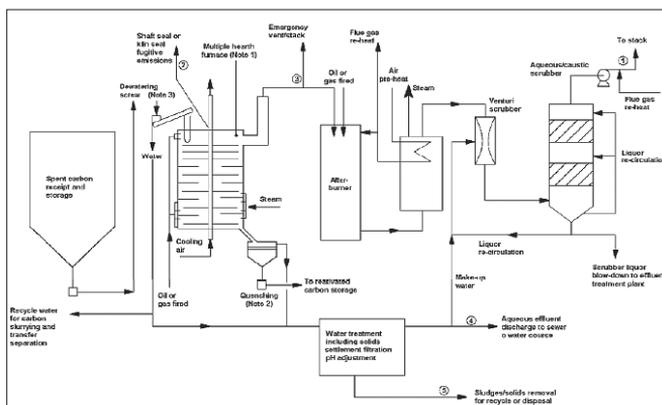
На рис. 2.7 показана схема типичного процесса регенерации активированного угля, включая маршруты выделения загрязняющих веществ, которые перечислены в табл. 2.106.

#### Рисунок 2.7 СХМАТИЧЕСКАЯ ДИАГРАММА ТИПОВОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ РЕГЕНЕРАЦИИ УГЛЯ

Рисунок и пояснения к рисунку на след. странице:

*Spent carbon receipt and storage* – прием и хранение отработанного угля; *Water* – вода; *Cooling air* – охлаждающий воздух; *Oil/gas fired* – отопление жидким или газообразным топливом; *Dewatering screw (Note 3)* – обезвоживающий шнек (примечание 3); *Shaft seal or kiln seal fugitive emissions* – уплотнение вала или уплотнение печи против неорганизованных выбросов; *Multiple hearth furnace (Note 1)* – многоподовая печь (примечание 1); *Emergency vent/stack* – запасное вентиляционное отверстие/дымовая труба; *Flue gas re-heat* – подогрев дымовых газов; *Air pre-heat* – подогрев воздуха; *Steam* – пар; *Ventury scrubber* – скруббер Вентури; *Aqueous/caustic scrubber* – водный/каустический скруббер; *To stack* – к дымовой трубе; *Liquor re-circulation* – рециркуляция раствора; *After-burner* – камера дожигания; *Recycle water for carbon slur-*

rying and transfer separation –рециклированная вода для суспендирования угля и для разделения; Quenching (Note 2) –закалка (примечание 2); To reactivated carbon storage – к хранению восстановленного угля; Water treatment including solids settlement filtration pH adjustment – очистка воды, включая фильтрацию осажденных твердых частиц с корректировкой pH; Make-up water –подпиточная вода; Aqueous effluent discharge to sewer or watercourse –сброс сточных вод в канализацию или водоем; Scrubber liquor blow-down to effluent treatment plant –выпуск раствора скруббера на установку для очистки стоков; Sludges/solids removal for recycle or disposal –удаление осадка/твердых частиц для рециклинга или размещения



Примечания: цифры на диаграмме относятся к цифрам первого столбца в табл. 2.106.

Примечание 1: показана многопелодовая печь, но термическое восстановление можно проводить также во вращающейся печи

258

Примечание 2: уголь на выходе из печи можно охладить и другими средствами

Примечание 3: могут использоваться другие способы для обезвоживания.

Негативные воздействия на окружающую среду, обычно связанные с процессами регенерации активированного угля, перечислены в табл. 2.106.

**Таблица 2.106 ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ МАРШРУТЫ НЕГАТИВНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ ДЛЯ ПРЕДУСМОТРЕННЫХ ВЕЩЕСТВ И ДРУГИХ ВЕЩЕСТВ, КОТОРЫЕ МОГУТ ПРИЧИНИТЬ ВРЕД**

	Источники выбросов в:	Пыль/твердые частицы	CO+CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	Галогены	Органические соединения или частично окисленные продукты	Металлы, металлоиды или соединения
1	Дымовые газы после системы газоочистки	A	A	A	A	A	A	A
2	Неорганизованные выбросы из-за утечек в уплотнениях	A	A	A	A	A	A	A
3	Запасное вентиляционное отверстие (если применяется)	A	A	A	A	A	A	A
4	Сброс сточных вод	W					W	W
5	Осадки после очистки стоков						L	L

Примечание: выбросы в каждую среду следует определить с высокой степенью достоверности на основании применения, для которого был использован уголь, и, следовательно, возможны сбросы некоторых веществ в воду и на почву. Обозначения: A: воздух; W: вода; L: почва.

Данные о выбросах с различных установок для регенерации показаны в табл. 2.107.

**Таблица 2.107 ДИАПАЗОН ВЫБРОСОВ, ОБНАРУЖЕННЫЙ В РАЗЛИЧНЫХ УСТАНОВКАХ ДЛЯ РЕГЕНЕРАЦИИ УГЛЯ**

Загрязнители воздуха	Концентрация (мг/м <sup>3</sup> )
Твердые частицы	1-34
CO	<3-160
NOx (как NO <sub>2</sub> )	126-354
SO <sub>2</sub>	<2-60
HCl	<1-22
HF	<1
ЛОС (ТОС)	5-15
Диоксины и фураны (PCDD и PCDF) (ТЭК)	<0,01-0,18 нг/м <sup>3</sup>
Cd	<0,05
Hg	<0,05
Другие тяжелые металлы	0,1-0,5
Загрязнители воды	Концентрация (мг/л)
Взвешенные твердые	50-300
ХПК	400
Симазин	0,001
Атразин (пестицид)	0,001
ТЭК (TCDD и TCDF)	0,28-0,4 нг/л
Al	30
Cd	0,0005
Hg	0,0001
Mn	30
Твердые отходы	Состав
Огнеупорная футеровка	
Обычные промышленные отходы	
Осадок в отстойниках	В основном углеродистая мелкая фракция

Сравнительные условия для дымовых газов: сухой газ 6% O<sub>2</sub>

Жидкие стоки от установок для регенерации. Вода используется для переноса активированного угля в виде суспензии к установке для регенерации и от нее. Это приводит к росту сточных вод, которые должны быть осветлены и подвергнуты рециклингу. Вода, сепарированная из суспензии, будет содержать взвешенные твердые частицы и, возможно, предписанные вещества (например, пестициды) и будет направлена на установку для очистки сточных вод.

Чистый нагретый активированный уголь либо естественно охлаждается, либо подвергается закалке в холодной воде. Для влажной системы охлаждения вода становится щелочной, и, поэтому, к ней добавляется кислота. Эта вода должна быть удалена из системы для предотвращения накопления минеральных солей, с добавкой свежей/рециклированной воды при необходимости.

Вода также используется периодически в больших количествах для обратной промывки воронок для хранения угля, как для удаления мелкой фракции, так и для выравнивания верхней поверхности активированного угля. Необходимо предусмотреть достаточное хранение воды с тем, чтобы воду можно было подвергнуть осветлению и рециклингу.

Способы контроля сбросов на землю. При регенерации активированного угля большую часть поставок угля делают в цистернах для перевозки насыпных грузов. В некоторых обстоятельствах можно использовать бочки. В таких случаях бочки должны быть переоборудованы и повторно использованы с тем, чтобы минимизировать размещение. Другие отходы процесса включают в себя осадок или фильтрат с фильтр-пресса или отстойника на установке для очистки сточных вод. В случае, размещения активированного угля на земле, следует обеспечить, что, если фильтрат или осадок были высушены, чтобы не произошел унос ветром пыли из мелких частиц угля. Прочие отходы будут включать в себя огнеупорные кирпичи и футеровку, образующиеся при периодическом ремонте печей.

#### **2.1.4.3.5 Негативные воздействия от регенерации ионообменных смол**

Негативные воздействия от процесса такого типа являются небольшими и ограничены главным образом сбросами в воду. Некоторые негативные воздействия, образующиеся на различных установках для регенерации приведены в табл. 2.108.

**Таблица 2.108 ДИАПАЗОН НЕГАТИВНЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЙ, ОБНАРУЖЕННЫХ В РАЗЛИЧНЫХ УСТАНОВКАХ ДЛЯ РЕГЕНЕРАЦИИ ИОНООБМЕННЫХ СМОЛ**

Воздушный загрязнитель	От	Концентрация (мг/м <sup>3</sup> )
HCl	Наполнения емкости для хранения	<5
Загрязнители воды		Концентрация (мкг/л)
Расход стока <sup>2</sup>		5-10 м <sup>3</sup> /ч
Cd		<0,5-31
Hg		0,861
Органическое Sn		<0,3-2,01
Твердые отходы		
Отходы смол		
Мелкая фракция		
Фильтр обратной промывки	Когда смола сочетается с активированным углем в качестве защиты или фильтра обратной промывки	

### 2.1.4.3.6 Негативные воздействия от обработки отработанных кислот и оснований

Таблица 2.109 НЕГАТИВНЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОТ ОБРАБОТКИ ОТРАБОТАННЫХ КИСЛОТ И ОСНОВАНИЙ

Деятельность	Воздух	Вода	Почва и отходы
Обработка отработанных кислот	Галогены: HCl и HF NO <sup>x</sup>	Галогены: HCl и HF	
Обработка серной кислоты	Оксиды серы		

### 2.1.4.3.7 Негативные воздействия от переработки фотографических отходов

Обработка твердых фотографических отходов. При измельчении происходят выбросы пыли. Для очистки используется фильтр для улавливания пыли. Выбросы пыли в воздух колеблются от 2 до 5 мг/м<sup>3</sup>. Оцениваемое количество составляет 29 г/т отходов пленки.

Обработка жидких фотографических отходов. Выбросы в воздух. При обработке фотографических отходов, в особенности фиксирующего раствора, могут происходить выбросы в воздух аммиака, уксусной кислоты и ЛОС.

Выбросы от физико-химической обработки снижаются за счет очистки отработанного воздуха в условиях влажного окислительного процесса в скруббере. Концентрация в выходящих газах CxHy составляет приблизительно 600 мг/м<sup>3</sup> и NH<sub>3</sub> - <2 мг/м<sup>3</sup>. Выбросы от биологической очистки снижаются с помощью непрерывного автоматизированного контроля и регулирования воздуха или подачи кислорода. Общие выбросы CxHy оцениваются, максимум, в 20 г/т сточных вод.

При испарении некоторые соединения будут испаряться вместе с водой. Большая их часть будет конденсироваться. Не сконденсированные соединения проходят через биологическую очистку, которая работает как скруббер. Выбросы от стадии испарения пренебрежимо малы.

Сбросы в воду. В табл. 2.110 представлены сбросы в воду от физико-химической и биологической обработки. Фотографические жидкие отходы с извлеченным серебром являются одним из видов сточных вод после переработки. Поэтому представленные сбросы дают грубое указание о возможных сбросах от переработки такого потока отходов.

Таблица 2.110 СБРОСЫ В ВОДУ ОТ ОБРАБОТКИ ЖИДКИХ ФОТОГРАФИЧЕСКИХ ОТХОДОВ И ДРУГИХ СТОЧНЫХ ВОД

Компонент	Сбросы (г/т сточных вод)
Взвешенные твердые	9
Хлориды	29
Сера	0,3
ХПК	172
БПК	4
Азот общий (по Кьейдалю)	351
Фосфор	2

#### **2.1.4.4. Целевые отходы (продукты) от обработки с целью рециклинга/регенерации**

В некоторых случаях материалы, полученные с помощью таких видов обработки, являются товарной продукцией только с небольшими отличиями по сравнению с первоначальным продуктом.

Регенерированные отработанные масла. Качество полученного базового масла зависит от уровня применяемой обработки; например, для удаления значительных количеств РАН требуется жесткий режим обработки с применением гидрообработки.

Характеристики отработанных масел различны и зависят от их происхождения и типа собираемых масел. Эти изменения отражаются в продуктах, таких как базовые масла, полученных на установках с применением кислой глины. Различия заключаются в их плотности, вязкости, уровне содержания серы и т.д. Меньше изменений происходит с этими параметрами в продуктах, таких как базовые масла, полученных на установках вакуумной дистилляции/гидрообработки, за исключением содержания серы. Характеристики регенерированных базовых масел от различных процессов и производственных установок резко различаются.

Некоторые технологии регенерации позволяют производить базовые масла высшего сорта, т.е., по крайней мере, Группы I в соответствии с классификаций базовых масел Американского нефтяного института. В случае пересортировки с применением жесткого режима гидрообработки или финишной обработки с использованием растворителей возможно производство базовых масел Группы II (полученных, например, с целью отбора легких фракций). Базовые компоненты, производимые в настоящее время европейской отраслью регенерации, принадлежат Группе I. Базовые компоненты Группы I представляют собой минеральные масла селективной очистки. В них содержатся в основном насыщенные углеводороды и сера. Они имеют самые низкие индексы вязкости, которые определяют нижний класс характеристик смазочных масел. Исходное сырье для Группы I менее дорого для производства. В настоящее время на них приходится около 75% всех базовых компонентов, содержащихся в объеме "обычных" базовых компонентов.

Почти на всех установках для регенерации отработанных масел проводится проверка на содержание хлора и воды, и обычно на ПХБ. Конечное утилизированное масло анализируется, поскольку оно должно удовлетворять техническим условиям конечного пользователя, но не на всех установках для обработки масел смешивают конечный продукт для продажи или проводят такие анализы. В табл. 2.111 показан пример анализа продукта, изготовленного на установке для утилизации масла, на которой проводится несколько степеней гидрообработки для получения трех различных типов базового масла (веретенное, легкое и тяжелое смазочное масло).

Таблица 2.111 ВОЗДЕЙСТВИЯ ГИДРООЧИСТКИ НА ЗАГРЯЗНЯЮЩИЕ ВЕЩЕСТВА В ИСХОДНОМ СЫРЬЕ ПОСЛЕ ДЕАСФАЛЬТИРОВАНИЯ

Тип сырья	Веретенное масло	Менее жесткие требования <sup>1</sup>	Очень жесткие требования <sup>2</sup>	Легкое смазочное масло	Менее жесткие требования <sup>3</sup>	Очень жесткие требования <sup>4</sup>	Тяжелое смазочное масло	Менее жесткие требования <sup>5</sup>	Очень жесткие требования <sup>6</sup>
Плотность 15/4	0,8678	0,8606	0,8526	0,8767	0,8699	0,8604	0,8868	0,8786	0,8676
Вязкость при 40°C сСт	26,91	23,8	21,19	56,52	49,85	38,18	117,2	97,86	70,08
Вязкость при 100°C сСт	4,76	4,5	4,2	7,78	7,32	6,37	12,24	11	9,1
Индекс вязкости	93	103	100	102	107	117	94	97	105
Цвет	6,5	L 0,5	L 0,5	7,5	L 1	L 0,5	>8	L 2	L 0,5
Асфальтены (вес.%)	0,0105	-	-	0,0092	-	-	<0,01	-	-
Коксумость по Конрадсону (вес.%)	0,63	<0,1	<0,1	0,12	<0,1	<0,1	0,33	<0,1	<0,1
Азот (частей на млн.)	280	49	<1	312	57	<1	307	137	<1
Сера (частей на млн.)	0,412	0,1025	0,0005	0,526	0,163	0,0008	0,7285	0,2735	0,0021
Метод ndM <sup>40</sup> (вес.%)									
Углерод ароматического ряда	12,11	10,72	8,72	11,63	10,25	8,48	11,94	10,22	8,18
Углерод парафинового ряда	71,20	72,06	72,76	72,66	73,42	75,09	72,68	73,75	75,57
Углерод нафталинового ряда	16,70	17,22	18,52	15,70	16,32	16,43	15,38	16,03	16,25
Газохроматографический анализ в частях на млн.									
Антрацен	<1	<1	<0,5	<1	<1	<0,5	<1	<1	<0,5
Бенз(а)антрацен	37	<1	<0,5	4	<1	<0,5	3	<1	<0,5
Бенз(к)флуорантен	5	<1	<0,5	2	<1	<0,5	<1	<1	<0,5
Бенз(б)флуорантен	25	<1	<0,5	11	<1	<0,5	4	<1	<0,5
Бенз(ghi)периллен	16	<1	<0,5	40	4,7	<0,5	12	2,30	<0,5
Бенз(а)пирен	16	<1	<0,5	11	<1	<0,5	4	<1	<0,5
Хризен	3	<1	<0,5	2	<1	<0,5	-	<1	<0,5
Дибензо(а,h)антрацен	<1	<1	<0,5	2	<1	<0,5	<1	<1	<0,5

Флуорантен	24	<1	<0,5	2	<1	<0,5	<1	<1	<0,5
Индено(123-cd) пирен	10	<1	<0,5	27	<1	<0,5	6	<1	<0,5
Фенантрен	2	8,7	<0,5	<1	<1	<0,5	<1	1,30	<0,5
Пирен	34	5,8	<0,5	<1	<1	<0,5	2	<1	<0,5
PNA IP 346 <sup>42</sup> (вес.%)	2,8	1	0,2	<1	0,6	-	1	0,6	0,2

\* Менее жесткие требования при гидрообработке легкой фракции: температура первого катализатора: 300оС, температура второго катализатора: 280оС, парциальное давление водорода: 105 бар

# Очень жесткие требования при гидрообработке легкой фракции: температура первого катализатора: 340оС, температура второго катализатора: 340оС, парциальное давление водорода: 105 бар.

Общая LHSW (часовая объемная скорость жидкости) (ч-1): 1 0,507; 2 0,5; 3 0,507; 4 0,292; 5 0,481; 6 0,295.

41 Метод Американского общества испытаний материалов для расчета распределения углерода и анализа структурных групп в нефтепродуктах.

42 Ароматические соединения с конденсированными ядрами.

Производимое базовое масло в большей степени зависит от технологии, используемой для обработки отработанного масла, чем от различий в собранных маслах. Некоторые примеры этого приведены в табл. 2.112.

**Таблица 2.112 ПРОБЛЕМЫ С ПРОДУКТАМИ, ОТНОСЯЩИЕСЯ К РАЗЛИЧНЫМ СПОСОБАМ РЕГЕНЕРАЦИИ ОТРАБОТАННЫХ МАСЕЛ**

Процесс (деасфальтирование, деметаллизация и чистовая обработка)	Основные продукты (значения соответствуют кг/т отработанных масел, если не определено иное)
Серная кислота + обработка глиной	Регенерированное базовое масло низкого качества: 621 Содержание РАН в полученных базовых маслах может быть сравнительно высоким (в 4-17 раз выше, чем в исходных базовых маслах) Газойль: 70
Очистка едким натром и отбеливающей глиной (ENTRA)	Регенерированное базовое масло высокого качества (Группы II): 520 Легкие фракции: 170 Дизельное топливо: 170
Вакуумная дистилляция	В современном оборудовании для вакуумной дистилляции, конструируемом для переработки отработанных масел, в получаемом дистилляте содержание металла меньше, чем 1 часть на млн. (согласно данным лицензиаров)
Вакуумная дистилляция + химическая переработка или очистка глиной	Базовое масло, получаемое с помощью очистки глиной или химической переработки, содержит металлов менее 1 части на млн. В этом процессе снижение содержания РАН в масле может не быть таким значительным, как в случае гидроочистки
Пленочный испаритель (TEF) + очистка глиной	Регенерированное базовое масло среднего качества: 530-650 Газойль: 150
TEF + гидроочистка	Регенерированное базовое масло высокого качества: 630 Газойль: 100
TEF + экстракция растворителем	Регенерированное базовое масло высокого качества: 600 Газойль: 120-150

Процесс (деасфальтирование, деме­тализация и чистовая обработка)	Основные продукты (значения соответствуют кг/т отработанных масел, если не определено иное)
TEF + экстракция растворителем + гидроочистка	Регенерированное базовое масло высокого качества • смазочное масло Группы II: 370 • смазочное масло Группы I: 300 Газойль: 85
TDA (термическое деасфальтирование) + очистка глиной	Регенерированное базовое масло среднего качества: 500-600 Газойль: 85
TDA + гидроочистка (при высоком давлении)	Регенерированное базовое масло высокого качества: 670 Газойль: 70
PDA (деасфальтирование асфальтом) + гидроочистка (при среднем давлении)	Регенерированное базовое масло высокого качества: 660-700 Газойль: 43-55 При этом процессе получают­ся более товарные продукты, чем в случае регенерации с помощью химической переработки
Дистилляция и щелочная обработка (Vaxon-Cator)	
Вакуумная дистилляция + химическая переработка или очистка глиной	Столько же, сколько и при гидроочистке или экстракции растворителем
Гидрогенизация с непосредственным контактом (DCH)	Базовое масло (группы II): 770-820 Легкие фракции: 20-40 Тяжелое топливо или дизельное топливо: 70-80
Термообработка глиной	
Гидроочистка	
Вакуумная дистилляция + химическая переработка	Базовое масло: 540 кг Котельное топливо: 6105 МДж Флюсированный битум: 48 кг Другие топлива: 3720 МДж Экономия топлива

Регенерированные растворители. Вероятно, наиболее желательным продуктом утилизации растворителей будет такой, который можно использовать вместо нового покупного растворителя там, где он использовался вначале. Это необязательно означает, что утилизированный растворитель соответствует тем же самым техническим условиям, что и исходный материал. Технические условия на новый растворитель должны обычно составляться комитетом, составленным из представителей, как потребителей, так и производителей, которые знают, что потенциальные примеси в продукт вводятся в рамках установленного технологического маршрута. Технические условия должны соответствовать всем потенциальным использованиям любого потребителя, и некоторые технические условия могут быть нематериальными.

**Таблица 2.113 СРАВНЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ПРОДУКТЫ ОБРАБОТКИ, СОДЕРЖАЩИЕ ХЛОРООРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ, СО СТАНДАРТОМ DIN (ПРОМЫШЛЕННЫЙ СТАНДАРТ ГЕРМАНИИ)**

Свойство продукта	Единица	DIN 53978	PERC
Цвет	HAZEN	<15	<
Вода	частей на млн.	<50	<25

Свойство продукта	Единица	DIN 53978	PERC
PERC (перхлорэтилен)	Площадь %	≥99,9	>99,98
Сумма 1, 1, 1 –трихлорэтана и трихлорэтилена	Площадь %	0,025±0,003	<0,02
Относительная плотность	г/мл	1,620-1,625	1,624
Щелочность	частей на млн. NaOH	≤30	25
Испарение			
Остаток	частей на млн.	≤50	25
Свободный хлор		0	0

На основании информации об установке для дистилляции хлорированных углеводородов.

Регенерированные катализаторы. В табл. 2.114 приведены уровни углерода и серы, площадь поверхности и средняя длина поступающих на регенерацию отработанных катализаторов и продуктов регенерации. Анализ площади поверхности отработанных катализаторов проводился после регенерации в лабораторных условиях.

Таблица 2.114 КОММЕРЧЕСКАЯ РЕГЕНЕРАЦИЯ СОМО КАТАЛИЗАТОРОВ

Качество продукта	Отработанный катализатор от верхнего слоя второго реактора	Регенерация только ленты	Регенерация мелкой фракции
Углерод, вес. %	22	0,7	0,9
Сера, вес. %	7,5	0,9	0,8
Удельная площадь поверхности, м <sup>2</sup> /г	185	190	197
Средняя длина, мм	2,56	2,72	2,68

Приведенные значения соответствуют регенерации более, чем 580 тонн отработанных СоМо катализаторов для реактора гидроочистки в 1997 г. На установке было два реактора с двумя слоями катализатора на реактор. Анализ до проведения работ показал, что можно утилизировать катализаторы со всех четырех слоев, но, как ожидалось, самое высокое качество катализатора было в заднем торце установки.

В общем, отработанные катализаторы имели высокую нагрузку по углеводородам (15% вес.) и коксу (общие потери при прокаливании 30%). Компания начала проводить регенерацию катализаторов самого высокого качества из нижнего слоя второго реактора и действовала в обратном порядке с переднего торца установки. Работы начались перед установкой для регенерации мелкой фракции, так что вначале катализаторы подвергали десорбционной обработке инертным газом в установке для регенерации ленты.

Свойства обоих продуктов регенерации были гораздо более предпочтительные, чем у отработанных катализаторов. Удельная площадь поверхности регенерированных проб была немного выше, чем при лабораторной регенерации.

## 2.1.5 Уровни потребления и воздействия для методов обработки отходов, применяемых с целью производства топлив

В этом разделе содержатся сведения об уровнях потребления и воздействия для методов обработки, упомянутых в Разделе 2.5, т.е. тех, которые предназначены для обработки отходов с целью получения продукта, используемого в последствии в качестве топлива. В следующих подразделах (Разделы 3.5.X) содержится подробная информация от их нынешних систем регистрации, и даются пояснения в отношении тех мест, где вероятно появление негативных воздействий. Негативные воздействия, связанные со вспомогательными видами обработки, например, с работой перегрузочных станций, охвачены в Разделе 3.1.

### 2.1.5.1. Поступающие отходы, используемые для подготовки топлив

В табл. A2.115 приведены некоторые примеры типов отходов, используемых для производства топлива из твердых или жидких отходов.

Таблица 2.115 НЕКОТОРЫЕ ПРИМЕРЫ ПОСТУПАЮЩИХ ОТХОДОВ, ИСПОЛЗУЕМЫХ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ТОПЛИВА

Виды отходов, используемых для приготовления топлива	Вид отходов	Примеры
Топливо из твердых отходов	Пастообразные отходы (главным образом опасные)	Растворители с высокой вязкостью, осадки масла, остатки дистилляции, осадки от переработки промышленных осадков (машиностроение, химическая, фармацевтическая промышленность и т.д.), осадки от красок и лаков, типографской краски, многоатомные спирты, клеи, смолы, жиры и масла, другие пастообразные отходы
	Порошкообразные отходы (в основном опасные)	Углеродная сажа, проявляющий порошок, краски, отработанные катализаторы, поверхностно-активные вещества, др. порошки
	Твердые отходы (в основном опасные)	Загрязненные полимеры, пропитанные опилки, осадки от очистки сточных вод, смолы, краски, клеи, отработанный активированный уголь, загрязненные почвы, осадки углеводородов, загрязненные абсорбенты, органические остатки химической и фармацевтической промышленности, использованная пластиковая упаковка, отходы древесины, др. твердые отходы
	Жидкие отходы, которые не годятся для подготовки топлива из жидких отходов (в основном опасные)	Жидкости с риском полимеризации
	Неопасные твердые отходы	Бытовые и коммерческие твердые отходы, отходы упаковки, древесины, бумаги, картона, картонных коробок (02, 03, 15, 17, 19, 20), текстиля, волокон (04, 15, 19, 20), пластмасс (02, 07, 08, 12, 15, 16, 17, 19, 20), других материалов (08, 09, 15, 16, 19), фракции с высокой теплоотворной способностью из собранных смешанных отходов (17, 19, 20), отходы строительства и сноса, фракции, разделенные в источнике образования из MSW, монопоток коммерческих и промышленных отходов
Топливо из жидких отходов, полученное с помощью смешения	Топливо из органических жидких отходов	Растворители, ксилол, толуол, уайт-спирит, ацетон, чистящие и моющие растворители, остатки нефтепродуктов, остатки дистилляции, органические жидкие продукты, не отвечающие техническим условиям

Виды отходов, используемых для приготовления топлива	Вид отходов	Примеры
Топливо из жидких отходов, полученное с помощью псевдооживления	Топливо из органических жидких отходов	Отработанные растворители, пастообразные органические отходы (осадки типографской краски, осадки красок, отработанные адгезивы и т.д.), остатки масел, порошкообразные отходы, такие как порошки краски, фильтраты, остатки от органического синтеза, масла и жиры, отработанные ионообменные смолы, остатки дистилляции, отходы косметической промышленности
Топливо из жидких отходов, полученное с помощью эмульсий	Топливо из органических жидких отходов	Масляные эмульсии из машиностроения и металлургической промышленности, отходы и осадки, содержащие масла от переработки нефти, от сбора и хранения масел, брака производства, пастообразные отходы, такие как жиры, отходы типографской краски и адгезивов, порошкообразные отходы, такие как порошки краски, стиральный порошок, отработанные основания, такие как натрий, отработанные масла

В табл. 2.116 приведены типичные значения теплотворной способности для некоторых типов отходов.

**Таблица 2.116 ТИПИЧНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ТЕПЛОТВОРНОЙ СПОСОБНОСТИ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ОТХОДОВ**

Тип отходов	Теплотворная способность (МДж/кг)
Опасные отходы	21,0-41,9
Неопасные промышленные отходы	12,6-16,8
Муниципальные отходы	7,5-10,5
Пластмассы	21,0-41,9
Древесина	16,8
Шины	25,1-31,4

Установки для приготовления топлива и для сжигания, которые могут использовать отходы как (часть) топлива, обычно принимают больше одного типа отходов. Некоторые виды отходов, используемых для совместного сжигания, приведены в табл. 2.117.

**Таблица 2.117 НЕКОТОРЫЕ ВИДЫ ОТХОДОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ СОВМЕСТНОГО СЖИГАНИЯ**

Вид отходов	Установки для сжигания (включая районное теплоснабжение и судовые двигатели)	Цементные печи	Черная металлургия (доменные печи)	Керамика (печи для обжига кирпичей)	Печи для обжига извести	Производство асфальта	Бумажная промышленность
Продукция животноводства	Мука из печени животных, мясная и костная мука, жир, навоз, подстилки для цыплят, сало	Мясная и костная мука					
Остатки древесного угля	Остатки древесного угля <sup>1</sup>						

Вид отходов	Установки для сжигания (включая районное теплоснабжение и судовые двигатели)	Цементные печи	Черная металлургия (доменные печи)	Керамика (печи для обжига кирпичей)	Печи для обжига извести	Производство асфальта	Бумажная промышленность
Химикаты	Органические кислоты						
Жидкие растворители							
Фосфорсодержащий печной газ	Отработанные растворители						
Осадки типографский красок							
Углеводороды							
Остатки дистилляции							
Муниципальные отходы	Топливо из отходов (RDF)						
Макулатура							
Упаковочные материалы							
Пластмассы							
Текстиль							
Древесина	RDF						
Макулатура							
Пластмассы							
Текстиль							
Древесина	RDF						
Пластмассы							
Текстиль							
Древесина	RDF						
Текстиль							
Древесина	RDF						
Текстиль							
Древесина	RDF	Макулатура					
Промасленные материалы	Смола						

Вид отходов	Установки для сжигания (включая районное теплоснабжение и судовые двигатели)	Цементные печи	Черная металлургия (доменные печи)	Керамика (печи для обжига кирпичей)	Печи для обжига извести	Производство асфальта	Бумажная промышленность
Отработанные масла	Отработанные масла						
Смазочно-охлаждающие жидкости	Отработанные масла		Отработанные масла	Отработанные масла			
Резина	Измельченные шины	Утильные шины					
Резина							
Автомобильный лом							
Ковры		Утильные шины					
Осадки	Осадки сточных вод	Осадки сточных вод					
Осадки бумажного производства							
Овощи	Энергетические культуры, такие как ива						
Сельскохозяйственные остатки такие, как солома, зерновые культуры, травостой после ландшафтных работ							
Древесина	Остатки древесины						
Древесина от сноса							
Лесные остатки							
Древесная щепа							
Биомасса							
Гранулы/брикеты	Отходы древесины						

<sup>1</sup> Были предприняты попытки по использованию отходов в вагранках в литейных цехах.

Примечание: таблицу не следует интерпретировать как исчерпывающую. В действительности могут использоваться другие сочетания, не упомянутые в этой таблице.

Химикаты. Отходы красок и растворителей имеют теплотворную способность выше, чем 21 МДж/кг влажной массы. Высокими могут быть содержание хлора, кадмия и цинка.

Твердые коммунальные отходы. В табл. 2.118 приведены некоторые характеристики ТКО и некоторых фракций, которые могут быть использованы в качестве топлива.

**Таблица 2.118 ВАЖНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТКО И НЕКОТОРЫХ ИХ ФРАКЦИЙ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В КАЧЕСТВЕ ТОПЛИВА**

Муниципальные твердые отходы	Теплотворная способность (МДж/кг влажной массы)	Другие компоненты
Типичные твердые коммунальные отходы	5-8	Cl: 0,5-1,0% Может быть высоким содержание некоторых металлов
Остаточные твердые коммунальные отходы	8-11	Cl: 0,5-1,0% Может быть высоким содержание некоторых металлов
Бумага	11-14	0,5% Cl, 33 части на млн. Pb и 0,3 частей на млн. Cd
Целлюлоза (20% вес. содержание золы и влажность равна 5%)	12,3	
Целлюлоза (20% вес. содержание золы и влажность равна 40%)	5,7	
Полиэтилен (20% вес. содержание золы и влажность равна 40%)	16,5	
Полиэтилен (0% вес. содержание золы и влажность равна 40%)	25,3	
Полиэтилен 20% вес. содержание золы и влажность равна 5%)	41,5	
Полиэтилен высокой плотности (печатный)		Летучие <sup>1</sup> 97%, зола <sup>2</sup> 2%, связанный углерод 0,3%
Полипропилен		Летучие 100%, зола <0,05%
Полистирол (белый)		Летучие 100%, зола 3%
ПВХ		Летучие 92%, зола <0,05%, связанный углерод 8%
Пластмассы	23,7-28,4	Cd: 0,7-72 частей на млн. Cl: 1-4,5% Cr: 48 частей на млн. Hg: 1,3 части на млн. Pb: 98-739 частей на млн. Ti: 0,3 части на млн. Zn: 550 частей на млн.
Композитные соединения	13,3-16,2	Cd: 0,2-37 частей на млн. Cl: 0,5-4,0% Pb: 48-500 частей на млн.
Текстиль, кожа и обувь	17,1	Cd: 2,2 части на млн. Cl: 1,2% Pb: 96 частей на млн.

<sup>1</sup>Летучие у пластмасс после плавления при деполимеризации

<sup>2</sup>В чистом полимере нет золы, но она появляется от печатания и пигментов.

Отходы пластмасс. Демонстрация возможности утилизации энергии из определенных потоков отходов пластмасс в рамках полномасштабных испытаний продолжается на протяжении довольно длительного периода времени для доказательства: повторяемости и стабильности рабочих условий; документального подтверждения воздействия отходов пластмасс на среду и пр.. Обзор программы APME TЕС представлен в общих чертах ниже.

**Таблица 2.119 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В КАЧЕСТВЕ ТОПЛИВА ОТХОДОВ ПЛАСТМАСС, ОБРАЗУЮЩИХСЯ В РАЗЛИЧНЫХ СЕКТОРАХ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Технология сжигания	Использование энергии	Упаковка	Коммерческий сектор	Автомобильная промышленность	Электротехническое и электронное оборудование	Сельское хозяйство	Строительство
Колосникового типа	Районное теплоснабжение, тепловая/электрическая энергия	MPW		SR			
Кипящий слой (FB)	Тепловая/электрическая энергия	MPW, SR					
Пылеугольное топливо	Электроэнергия	MPW				Пленки	
Вращающаяся печь	Цемент	MPW					
Промышленная печь	Цветные металлы						
Циркулирующий FB	Целлюлозно-бумажная промышленность	MPW	Сбор по обочинам	ESR			

Примечание: MPW – муниципальные отходы пластмасс (иногда необходимо измельчать перед использованием); SR – остатки после шредера; ESR – остатки после измельчения крупных бытовых приборов

Промасленные материалы. Отработанные масла. Больше информации о составе отработанных масел можно найти в Разделе 3.4.1. Отработанные масла могут иметь значительное, но меняющееся содержание хлора, включая хлорорганические соединения. Судьба этих соединений хлора будет различаться, не только в зависимости от вида обработки, а также в зависимости и от формы, в которой находится хлор. Поэтому трудно дать какие-либо общие комментарии о воздействиях хлора, кроме соображений, связанных со сжиганием, когда существует риск образования диоксинов, а также того, что при различных вариантах обработки существует риск проблем коррозии, выбросов кислых газов и загрязнения выходящих после обработки потоков.

Отходы смазочных масел и масла, утилизируемые после отводных коллекторов, продаются для использования в качестве топлива. Вследствие того, что при сжигании этих масел может отлагаться сажа, имеется тенденция их использо-

вания в таких применениях, когда это не вызывает опасений. Основными пользователями являются дорожное строительство и угольные электростанции, которые используют такое топливо для стабилизации факела и форсирования наддува.

**Отходы котельного топлива.** Отходы котельного топлива появляются в различных ситуациях, таких как сток из емкостей моторного топлива, когда дренится склад котельного топлива при переходе установки на природный газ, или когда емкости удаляются при очистке участка. Эти топлива обычно не загрязнены, хотя может ухудшиться их качество с течением времени, а иногда на "дне емкости" осажается грязь, накопившаяся за много лет наполнения. На большинстве установок принимается относительно мало материала такого типа, и обоснованно можно считать, что анализ характеристик отходов данного вида будет сопоставим с исходным котельным топливом.

Для обработки котельного топлива, а также для большого набора отходов углеводородов существуют специальные установки газификации

Отходы котельного топлива бывают различными по техническим условиям, но, в общем, они скорее используются, чем направляются на переработку, и, следовательно, их количества должны быть небольшими. Они обычно имеют более низкие точки кипения, чем смазочные масла, содержат больше углеводородов с короткими цепями, и для них характерен более высокий риск выбросов ЛОС при обработке. Однако содержание металлов обычно низкое (хотя в котельных топливах были обнаружены ванадий и никель). РАН обычно бывают стабильными и не летучими. У неиспользованных котельных топлив более низкий диапазон точек кипения, чем у смазочных масел. Сравнения между составами котельных топлив и смазочных масел приведены в табл. 2.120.

**Таблица 2.120 ТИПИЧНЫЙ СОСТАВ КОТЕЛЬНЫХ ТОПЛИВ И СМАЗОЧНЫХ МАСЕЛ**

	Обычная длина углеродной цепи	Диапазон точек кипения (°C)	Важные соединения
Керосин	Средний дистиллят, C <sub>6</sub> -C <sub>16</sub>	150-300	N-алканы, циклоалканы, низкие концентрации моноароматических соединений, низкие концентрации ВТЕХ и РАН
Котельное топливо (№ 2)	Средний дистиллят, C <sub>8</sub> -C <sub>21</sub>	200-325	Очень низкая концентрация ВТЕХ, толуол 0,06%, этилбензол 0,034%, ксилол 0,23%, высокие концентрации n-алканов, C <sub>8</sub> 0,1%, C <sub>20</sub> 0,35%, пониженные концентрации разветвленных алканов, моноароматических циклоалканов, нафталина (0,22%) и РАН, никеля 0,00005%
Котельное топливо (№ 6)	Остаточное масло, C <sub>12</sub> -C <sub>34</sub>	350-700	Очень низкая концентрация ВТЕХ, нафталинов и РАН, высокие концентрации n-алканов (C <sub>9</sub> 0,0034%, C <sub>20</sub> 0,1%) и циклоалканов, никеля 0,0089%
Смазочные масла	Дистиллят с тяжелыми фракциями, C <sub>18</sub> -C <sub>34</sub>	326-600	Низкие концентрации ВТЕХ, высокие концентрации разветвленных алканов и циклоалканов

Резина. В табл. 2.121 приведены некоторые характеристики шин, используемых как топливо.

**Таблица 2.121 ТОПЛИВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ШИН**

Параметр	Величина	Единицы
Теплотворная способность	36-38	МДж/кг
Хлориды	0,15-0,25	частей на млн.
As	<2	частей на млн.
Cd	<5-10	частей на млн.
Co	<5-27	частей на млн.
Cr	<5-97	частей на млн.
Cu	10-30	частей на млн.
Hg	0,17-<1	частей на млн.
Mn	6-11	частей на млн.
Ni	<5-40	частей на млн.
Pb	<5-410	частей на млн.
Sb	55-410	частей на млн.
Sn	14-21	частей на млн.
Tl	0,25-75	частей на млн.
V	<5-60	частей на млн.
Zn	14,5-16,1	г/кг

Осадки. В осадках обычно содержится вода. При повышении влагосодержания осадков снижается их теплотворная способность. Например, осадки с содержанием 33% сухого вещества имеют теплотворную способность ниже, чем 5 МДж/кг массы. Содержание хлора обычно бывает низким, но содержание ртути в некоторых осадках может быть значительным.

Древесина. Опилки и стружка лесопильных заводов имеют теплотворную способность от 14 до 21 МДж/кг влажной массы. Отходы строительства имеют теплотворную способность от 14 до 17 МДж/кг влажной массы. Некоторые физико-химические параметры отходов древесины приведены в табл. 2.122.

**Таблица 122 СОДЕРЖАНИЕ МЕТАЛЛОВ В ОТХОДАХ ДРЕВЕСИНЫ**

Металлы	Концентрация (частей на млн.)
Низшая теплотворная способность (МДж/кг)	17,3
Cl	0?1%
Cd	0,7-3,4
Cr	50
Hg	0,2
Pb	53-1000
Tl	<0,1
Zn	1500

### 2.1.5.2. Потребление ресурсов и реагентов в процессах, используемых для приготовления топлива из отходов

Потребление ресурсов и реагентов при приготовлении отработанного масла, используемого в качестве топлива

Таблица 2.123 ПОТРЕБЛЕНИЕ РЕСУРСОВ НА ТЕРМИЧЕСКУЮ УТИЛИЗАЦИЮ ОТРАБОТАННЫХ МАСЕЛ

Потребляемый материал	Применение
Химические антиоксиданты	Добавка к легким котельным топливам и легким фракциям дистиллята для стабилизации продуктов

Таблица 2.124 ПОТРЕБЛЕНИЕ РЕСУРСОВ ПРИ ТЕРМИЧЕСКОМ КРЕКИНГЕ ОТРАБОТАННЫХ МАСЕЛ

Поступающие отходы	Главным образом для производства котельного топлива <sup>1</sup>	Единицы (на тонну поступающих отработанных масел)
Топливное масло (700 МДж и <0.5% S)	849	кг
Вспомогательные топлива <sup>2</sup>	63	кг
Затраты		
Потребление ископаемого топлива	4	экв. сырой нефти
Первичная энергия	343	МДж
Потребление воды	431	кг

<sup>1</sup>Термический крекинг: термическая + химическая обработка (с H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)

<sup>2</sup>Многие из них являются отработанными топливами, образующимися в процессе.

Таблица 2.125 ПРОДУКТЫ, ПОЛУЧАЮЩИЕСЯ ПРИ ГАЗИФИКАЦИИ ОТРАБОТАННЫХ МАСЕЛ

Результат	Количество (на тонну поступающих отработанных масел)	Единицы
Метанол	1080	кг
Экономия в первичном сырье в виде топлив, обычно используемых при газификации		
Потребление		
Ископаемое топливо	109	кг экв. сырой нефти
Первичная энергия	7110	МДж
Потребление воды	1350	Кг

Потребление ресурсов и реагентов при подготовке опасных отходов, используемых в качестве топлива

Т А Б Л И Ц А 2.126 ПОТРЕБЛЕНИЕ РЕСУРСОВ И РЕАГЕНТОВ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ОПАСНЫХ ОТХОДОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В КАЧЕСТВЕ ТОПЛИВА

Затраты	Топливо из твердых отходов	Топливо из жидких отходов
Электроэнергия (кВт-час/т произведенного топлива из отходов)	5-25	5-20

Затраты	Топливо из твердых отходов	Топливо из жидких отходов
Топливо (л/т произведенного топлива из отходов)	0,15-3	0,05-2
Адсорбенты	От 20 до 40% абсорбентов на тонну произведенного топлива из отходов, в зависимости от требуемых технических условий. Типами абсорбентов являются свежие опилки, древесные опилки от утилизации древесины, полиуретан, побочная продукция из бумаги, текстиль и т.д.	
Вода (л/т топлива из отходов – для очистки установки, грузовиков и при соответствующих условиях бочек; обслуживание, установки с распылителями для борьбы с пылью) <sup>1</sup>	5-20	5-20
Азот м <sup>3</sup> /т произведенного топлива из отходов (смесители для инерттизации, шредеры или хранение жидкостей)	1-5	1-2,5
Другое сырье для очистки стоков		

Примечания: данные по энергии не включают в себя потребление энергии для вентиляции и очистки воздуха.

Потребление электроэнергии широко варьируется в соответствии с типом отходов, упаковкой и уровнем автоматизации. Например, в случае измельчения бочек для насыпного материала потребление электроэнергии может достичь 25 кВт-час/т, в то время как в случае насыпных отходов не процессе автоматизированной линии оно будет находиться в диапазоне от 5 до 10 кВт-час/т. Помимо этого, когда потребление электроэнергии высокое, потребление топлива обычно бывает низким. Потребление топлива главным образом используется для транспортных средств и будет снижаться по мере повышения уровня автоматизации. Общее потребление энергии составляет менее 5% от общей энергии, содержащейся в топливе из отходов.

<sup>1</sup> Потребление воды связано с хорошим управлением установкой. Оно варьируется в широкой степени в соответствии с типом отходов, упаковки и возможного использования утилизированной дождевой воды. Если необходима чистка бочек или контейнеров или промывка для дальнейшего использования, требуется дополнительное потребление в диапазоне от 2 до 20 л/т. Потребление ресурсов и реагентов на подготовку топлива из твердых коммунальных отходов. В табл. А2.127 приведен обзор установок, на основании которых предоставлены данные для этого раздела.

Таблица 2.127 ПРИМЕРЫ ЗАТРАТ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ТОПЛИВА ИЗ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ

Тип установки	Вид производимого топлива из твердых отходов	Производительность (тыс. т/год)	Потребление энергии (МВт-час/год)	Удельное потребление энергии (кВт-час/т поступающих материалов)
Установки для переработки коммерческих отходов	Мягкие/твердые гранулы	40	2400	109
Механико-биологическая обработка отходов	Мягкие гранулы, хлопья	55	2300	38-56

Тип установки	Вид производимого топлива из твердых отходов	Производительность (тыс. т/год)	Потребление энергии (МВт-час/год)	Удельное потребление энергии (кВт-час/т поступающих материалов)
Установки для переработки коммерческих отходов	Мягкие гранулы, хлопья	65	1268-1902	40-59
Переработка без стадии биологического разложения		80	781	40
Механико-биологическая обработка отходов	Хлопья	100	5800	92
Фракция с высокой теплотворной способностью от переработки ТКО и с установок переработки коммерческих отходов	Мягкие гранулы, хлопья	100	315-405	32-41
Установки для переработки коммерческих отходов	Мягкие гранулы, хлопья	100	1080-1620	36-54
Механико-биологическая обработка отходов	Фракция с высокой теплотворной способностью в кипах	110	1870	17
Механико-биологическая обработка отходов	Мягкие гранулы, хлопья	110	4000	33-40
Механико-биологическая обработка отходов	Хлопья	600	2760	
Переработка ТКО без стадии биологического разложения	Хлопья	840	23650	30
Переработка остаточных ТКО				60
Сепарация: 8-15				

Таблица 2.128 ПРИМЕРЫ ЗАТРАТ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ТОПЛИВА ИЗ НЕОПАСНЫХ ОТХОДОВ

Производительность (тыс. т/год)	Потребление топлива (ГДж/год)	Потребление электроэнергии (МВт-час/год)	Удельное потребление электроэнергии (кВт-час/т)	Удельное потребление воды (м <sup>3</sup> /т)
65	38475	3575	55	0,078
86	0	5831	68	0,0019
100		1050	10,5	

Большие различия в удельном потреблении энергии связаны с видом применяемой для обработки установки и видом производимого из твердых отходов топлива; Различия вызваны, например, использованием устройств для сушки, измельчения или гранулирования.

За исключением процессов термической сушки, потребление топлива для производства топлива из твердых отходов не требуется; топливо необходимо только для перемещения транспортных средств на производственной площадке, таких как вилочные погрузчики или колесные погрузчики. Один производитель систем термической сушки сообщил о потреблении газа около 21250 ГДж в год. Это соответствует удельному потреблению 1390 МДж на тонну поступающего материала.

В общем, дополнительные ингредиенты помимо отходов на указанных установках не используются. В качестве расходных материалов на данных объектах используются смазочные масла, моющие средства, вспомогательные материалы для проведения процесса очистки отходящих газов, такие как гидроксид натрия (потребление 18 кг/т) и фосфаты (потребление 3 кг/т).

Для проведения сепарации, сбраживания и биологического разрушения требуется энергия. Потребление электроэнергии при сепарации и сбраживании составляет приблизительно 60 кВт-час/т поступающего материала, из которых на сепарацию приходится от 8 до 15 кВт-час. При сжигании биогаза в газовом двигателе с КПД 35% производится приблизительно 60 кВт-час электроэнергии/т отходов. На производство сброженного остатка требуется приблизительно 100 МДж электроэнергии/т поступающего материала. Для биологической сушки требуется приблизительно 100 МДж электроэнергии/т поступающего материала.

278

### 2.1.5.3 Негативные воздействия при приготовлении топлива из отходов

Выбросы при приготовлении твердого топлива из твердых коммунальных отходов. Материальный баланс для подготовки топлива из твердых коммунальных отходов показан в следующей таблице.

Таблица 2.129 ПРИМЕРЫ НЕГАТИВНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ ОТ ПРОИЗВОДСТВА ТВЕРДОГО ТОПЛИВА ИЗ ТКО

Горючий продукт (топливо з ТКО)	Органическое вещество	Негорючие отходы с неорганической основой	Металлы	Испаряемая вода и CO <sub>2</sub>	Прочее
55-50		20	5	20-25	
53 <sup>1</sup>		Стекло: 4 Белое: 3 Коричневое: 0,5 Зеленое: 0,5 Минералы: 4 Мелочь и пыль для удаления: 4	Черные металлы: 4 Цветные металлы: 1		Батарейки: 0,05

Значения в кг/100 кг поступающих отходов

<sup>1</sup> теплотворная способность 15-18 МДж/кг

В табл. 2.130 дан обзор установок, для которых представлены данные для этого раздела.

Таблица 2.130 ОБЗОР НЕКОТОРЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ТВЕРДОГО ТОПЛИВА ИЗ ОТХОДОВ В СТРАНАХ ЕС

Тип установки	Вид топлива, производимого из твердых отходов	Производительность (тыс. т/год)	Количество произведенного топлива из твердых отходов (т/год)	% продукта/отходам	Количество отходящих газов (м <sup>3</sup> /ч)	Пыль (кг/год)	Запах (ОУ/м <sup>3</sup> )	Расстояние до места воздействия шума (м) Уровень акустического давления днём/ночью для технического разрешения (дБ(А))
Переработка ТКО без стадии биологического разложения	Хлопья	23	17400	76,7				
Установки для переработки коммерческих отходов	Твердые/мягкие гранулы	40	15300	69,5	18000			<40/<40
Установки для переработки коммерческих отходов	Твердые/мягкие гранулы, хлопья	65	31700	99,1	48000			10 <70/<70
Переработка ТКО без стадии биологического разложения	нет данных	80	16300	84,0				
Механико-биологическая обработка	хлопья	100	30700	48,7	45000	394		
Фракция с высокой теплотворной способностью от переработки ТКО и установки для переработки коммерческих отходов	Мягкие гранулы, хлопья	100	9000	90,0	48000			100 <50/<35
Установки для переработки коммерческих отходов	Мягкие гранулы, хлопья	100	27000	90,0	48000			1000 <50/<35
Механико-биологическая обработка	Фракция с высокой теплотворной способностью в кипах	110	19500	17,7	120000		406	200 <50/<39
Переработка ТКО без стадии биологического разложения	хлопья	840	90000	11,5	90000		220	650 <38/<37,5

Таблица 2.131 ПРИМЕРЫ ВЫБРОСОВ В ВОЗДУХ ОТ ПОДГОТОВКИ ТОПЛИВА ИЗ ТКО

Производительность	Единицы тыс. т/год	Установка А		Установка В		Установка С	
		Концентрация	Нагрузка	Концентрация	Нагрузка	Концентрация	Нагрузка
Дымовые газы	млн. нм <sup>3</sup>				394,2		
Кислород	%			19		1,4	
CO <sub>2</sub>	т/год		11765		8428		
PM	мг/нм <sup>3</sup> -кг/год	0		1	394,2		
SO <sub>x</sub>	мг/нм <sup>3</sup> -кг/год		1820	18,6	7332		
NO <sub>x</sub>	мг/нм <sup>3</sup> -кг/год	80	4699,5	47	18527	12,5	
N <sub>2</sub> O	мг/нм <sup>3</sup> -кг/год				0		
TOC	мг/нм <sup>3</sup> -кг/год	40	2340	1,7	670,14		
CH <sub>4</sub>	кг/год		26715				
CO	мг/нм <sup>3</sup> -кг/год	80	4699,5	8,4	3311,28	16	
HCl	мг/нм <sup>3</sup> -кг/год		78				
HF	мг/нм <sup>3</sup> -кг/год		26				
Общие металлы	мг/нм <sup>3</sup> -кг/год			0,4	197,1		
Hg	мг/нм <sup>3</sup> -кг/год			3,7	1,46		
Cd+Pb	мг/нм <sup>3</sup> -кг/год			0,4	0,197	0,08	
Хлорбензолы	мг/нм <sup>3</sup> -кг/год			0	0,0047		
PCDD/PCDF	нг ТЭК/нм <sup>3</sup> -г/год		0,0026	0,002	0,00079		
CFC	мг/нм <sup>3</sup> -кг/год			0,044	17,345		
Запах	EU OU/нм <sup>3</sup> – MGE/год	0		110	46332		
NH <sub>3</sub>	мг/нм <sup>3</sup>	0					

280

Таблица 3.132 ПРИМЕРЫ СБРОСОВ В ВОДУ ОТ ПОДГОТОВКИ ТОПЛИВА ИЗ ТКО

Производительность	Единицы тыс. т/год	Установка А		Установка В		Установка С	
		Концентрация	Нагрузка	Концентрация	Нагрузка	Концентрация	Нагрузка
Образование сточных вод	м <sup>3</sup> /год		16965		30100		8000
БПК <sub>5</sub>	мг/л-кг/год			21			
ХПК	мг/л-кг/год		34450	40			
Общий азот (как N)	мг/л-кг/год			230			
Нитриты	мг/л-кг/год			1,8			

Производительность	Единицы тыс. т/год	Установка А		Установка В		Установка С	
		Концентрация	Нагрузка	Концентрация	Нагрузка	Концентрация	Нагрузка
			65		86		98
Нитраты	мг/л-кг/год						
Аммиак	мг/л-кг/год		10400				
Нитраты	мг/л-кг/год		650				
Сульфаты	мг/л-кг/год		325				

В зависимости от типа установки можно найти большие различия в отношении между количеством обработанных отходов и полученным топливом из твердых отходов. Это объясняется тем фактом, что на некоторых установках обрабатываются коммерческие отходы, а на других установках обрабатываются ТКО. В дополнение к этому, у производителей имеются различные способы производить топливо из твердых отходов. Например, если добавляют мелкозернистый отсев к топливу из твердых отходов, и он не депонируется на полигоне, количество продукта возрастает, но качество значительно снижается. Другие установки увеличивают свои производительности за счет модификации своей работы или производят топливо из твердых коммерческих и отходов от населения.

Декларированные значения взяты из технических разрешений. Значительные различия между величинами можно объяснить местоположением установок и различиями в поступающих на них материалах, в некоторых случаях двух или трехсменной работой.

Что касается табл. 2.130, то различие между количеством поступающих отходов и количеством полученного продукта следует корректировать с учетом количества фракций, потенциально пригодных для рециклинга, таких как черные и цветные металлы в отходах. Содержание фракций, потенциально пригодных для рециклинга, зависит от состава каждой партии отходов, который может меняться в широких пределах. Помимо этого, остатки могут возрасти в течение процесса очистки отходящих газов.

В зависимости от метода переработки могут образовываться также некоторые побочные продукты. В зависимости от качества побочных продуктов их можно подвергать рециклингу непосредственно или перерабатывать после дополнительных процедур. Нынешние побочные продукты обычно являются черными и цветными металлами и инертной фракцией. Качество продуктов из черных и цветных металлов зависит от содержания отходов и применяемого метода переработки.

Инертная фракция иногда используется в качестве строительных материалов, например как материал для дорожного строительства или для полигонов. В редких случаях может производиться утилизируемый материал, который используется непосредственно как сырье, например, некоторые виды пластмасс и стекла. Помимо этого, применение воздушного сепаратора может привести к увеличению уровня извлечения фракции, применяемых для энергетического использования.

Состав отходов, которые не используются как топливо, отличается от состава поступающих на переработку отходов и отходов после переработки. Он зависит от состава поступающих отходов, но также и от типа применяемой обработки. Материальный баланс, показывающий такие различия, а также показывающий, где завершается жизненный цикл различных компонентов отходов, не был представлен.

Негативные воздействия от подготовки опасных отходов для использования в качестве топлива. Выбросы в воздух.

Таблица 2.133 **ВЫБРОСЫ В ВОЗДУХ ОТ ПОДГОТОВКИ ТОПЛИВА ИЗ ОПАСНЫХ ОТХОДОВ**

Выбросы	От	Топливо из твердых отходов	Топливо из жидких отходов
Пыль, абсорбенты главным образом от опилок, порошкообразных отходов (красок, смол, стиральных порошков, катализаторов и т.д.)	Разгрузки и управления абсорбентами и (или) порошкообразными отходами	m	n/a
	Переработки	l/m	l (главным образом для псевдооживления)
	Загрузки	m	n/a
	Достижимые характеристики (мг/нм <sup>3</sup> ) <sup>1</sup>	1-10	1-5
ЛОС и запах	Отбора проб	l/m	м/ч
	Операций разгрузки (грузовиков, бочек и контейнеров)	m	м/ч
	Переработки	m (просеивание)	
	Достижимые характеристики NMVOCV (мг/нм <sup>3</sup> )	10-50	10-100

Примечания:

<sup>1</sup> при использовании рукавных фильтров

<sup>2</sup> за счет регенеративного термического окисления для топлива из твердых отходов и за счет регенеративного термического окисления или с помощью обработки активированным углем для топлива из жидких отходов.

l: низкие выбросы; m: средние выбросы; h: высокие выбросы; n/a: не применяется.

ЛОС и запах. В большинстве принимаемых отходов содержатся органические соединения. При определенных обстоятельствах в соответствии с давлением пара и температурой, они являются более или менее летучими. Эти летучие органические соединения (ЛОС) потенциально могут быть вредными для окружающей среды и здоровья рабочих и могут также быть причиной плохого запаха. Вот почему в отношении этих выбросов необходимо особое внимание и наблюдение. Уровень выбросов ЛОС зависит от природы отходов, их точки вспышки, давления паров компонентов и их концентрации. Выбросы ЛОС находятся также под влиянием типа применяемого процесса и преобладающих климатических условий.

Шум. Все технологические линии и оборудование необходимо проектировать и строить в соответствии с регламентами ЕС по шуму. Прибывающий и уезжающий транспорт является основным источником шума.

Другие источники шума включают в себя механическое оборудование, такое как одноковшовые экскаваторы, погрузчики, гидравлические экскаваторы, грохоты, шредеры, дробилки, насосы, мешалки, двигатели, используемые для вентиляционной системы и установок для переработки ЛОС.

Сбросы в воду. Источниками сточных вод являются моющая вода от очистки бочек, грузовиков, очистки оборудования, автоцистерн и вагонеток и отработанная вода (от осадков, образующихся при транспортировании, от сушки и т.д.). При отсутствии измеренных параметров сточных вод от этих установок в табл. 3.134 приведено обобщение ряда разрешений, выданных для эксплуатации установок. За исключением крупных аварий, эти установки не оказывают воздействия на подземные воды.

**Таблица 2.134 ДИАПАЗОНЫ ЗНАЧЕНИЙ СОДЕРЖАНИЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В СТОКАХ, УКАЗАННЫЕ В РАЗРЕШЕНИЯХ НА ЭКСПЛУАТАЦИЮ НЕКОТОРЫХ УСТАНОВОК**

Физико-химические параметры	Предельные значения при выдаче разрешений (мг/л)
pH	5,5-9,5
Максимальная температура	30-45
TSS	30-60
ХПК	50-300
Углеводороды	2-10
БПК5	30-40
Азот по Кьейдалю	n./a. - 40
Азот общий	10-50
Общие фосфаты	1-10
CN (свободные)	0,1
Cd	0,05-0,2
Cr (VI)	0,01-0,1
Cr общий	0,02-0,5
Cu	0,03-0,5
Fe	10-15
Hg	0,05-0,15
Ni	0,05-0,5
Pb	0,05-0,5
Sn	0,01-2
Zn	0,3-2
Общие металлы*	10-15

\*Sb + Co + V + Tl + Pb + Cu + Cr + Ni + Zn + Mn + Sn + Cd + Hg + Se + Te.

**Таблица 2.135 ОТХОДЫ, ОБРАЗУЮЩИЕСЯ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ОПАСНЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В КАЧЕСТВЕ ТОПЛИВА**

Отходы от очистки сточных вод и другие воды, требующие размещения	Состоящие из	Количество (кг/т производимого топлива из отходов)
Остатки, поступающие от упаковки поставляемых отходов		1,5-20
“Отгружаемые” контейнеры для бестарных грузов международного стандарта, контейнеры или бочки		
Металлические контейнеры и бочки		
Пластиковые контейнеры и бочки		
Поддоны		
Мягкие контейнеры (биг бэги)		
Листы пластика		
Скрап, извлекаемый на стадии производства		0-3
Отбросы от вращающегося, вибрационного и статического сита/грохота	Эти отходы состоят из блоков различных твердых отходов (таких как смолы, краски, клеи, дегтя, битума, загрязненных почв и т.д.), кусков древесины, песка, загрязненных пластмасс, облицовки, кусков текстиля	
Отходы от очистки стоков	Например, активированный уголь от сточных вод и очистки воздуха	0,015
Лабораторные отходы и отходы от проб		

Примечание: количество побочных продуктов в сильной степени связано с типом упаковки. Например, в случае небольших отходов упаковки фракция лома черных металлов может достичь 150 кг/т отработанного топлива.

Контроль качества почвы можно обеспечить с помощью наблюдения/мониторинга выбросов в воздух, стоков и качества подземных вод.

Подготовка топлива из твердых отходов с помощью карбонизации загрязненной древесины. Загрязненная древесина может содержать СОЗ, ртуть, мышьяк и другие типичные загрязняющие вещества.

Негативные воздействия при обработке отработанных масел для использования в качестве топлива. В табл. 2.136 показаны негативные воздействия при подготовке отработанных масел для использования в качестве жидкого топлива.

**Таблица 2.136 НЕГАТИВНЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ, ОБРАЗУЮЩИЕСЯ В ПРОЦЕССЕ ПОДГОТОВКИ ОТРАБОТАННЫХ МАСЕЛ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В КАЧЕСТВЕ ТОПЛИВА**

Путь выбросов	Среда	Через
Хранение отработанного масла	Воздух	Перенос пара в течение загрузки “Выпуск газов” из выпускного отверстия
Котел	Воздух	Продукты сгорания из дымовой трубы. В большинстве установок для регенерации масел вырабатывается пар на встроенных котлах

Путь выбросов	Среда	Через
Нагреваемые сосуды	Воздух	Нагреваемые сосуды обычно представляют собой изолированные резервуары из малоуглеродистой стали. Тепло маслу передается с помощью теплообменной системы на основе внутренних или "глухих" паровых змеевиков. Такая система может вызывать затруднения при чистке и обслуживании. Это может привести к неэффективному использованию энергии, относящейся к пару. ЛОС выделяются в течение нагрева масла с отводом водяных паров. Выбросы могут состоять из переносимых водяных паров и ЛОС. Может использоваться абсорбция углеродом, но может быть и воздействие водяных паров. Необходимо предусмотреть конденсацию для сбора органической фракции, которую можно использовать в качестве питания котла или сжечь.
Приемная емкость для подогретого масла	Воздух	ЛОС от перемещения нагретого масла к приемным емкостям
Фильтрация нагретого масла	Воздух	ЛОС выделяются, когда нагретое масло проходит через фильтры для удаления твердых частиц. Нагретое масло из нагреваемых сосудов обычно проходит через открытые фильтры для удаления твердых частиц. Фильтры, которые используются, обычно представляют собой вибрирующую металлическую сетку, обычно используемую для минеральных агрегатов. Для продажи утилизируемого топлива важно, чтобы удалялись содержащиеся в большом количестве в нагретом масле твердые частицы. Удаляемые твердые частицы являются химически активными, и фильтры должны быть прочными для противостояния этим частицам, а также нагретому маслу. Эта стадия является источником выделения ЛОС и запахов.
Удаление масла из стоков	Воздух	Масло удаляется из жидкого стока перед сбросом в трубопровод бытовой канализации или другой водный объект, обычно с помощью водонефтяных отводных коллекторов, наклонного сепаратора или способов фильтрации. ЛОС представляют источник значительных выбросов, когда выходят из технологической емкости в открытые каналы, а также когда она нагрета и они проходят над наклонным сепаратором
Удаление масла из стоков	Вода	Сток в канализацию. ЛОС выделяются из нагретой воды в канализацию
Обезвоживание	Воздух	ЛОС выделяются в течение обезвоживания
Хранение утилизированного масла	Воздух	Перемещение ЛОС
	Земля	Удаление осадка из сосудов для хранения, нагретых сосудов и фильтрационных установок

**Таблица 2.137 МАТЕРИАЛЬНЫЙ БАЛАНС УСТАНОВОК ДЛЯ ОБРАБОТКИ ОТРАБОТАННЫХ МАСЕЛ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПРОДУКТА, ИСПОЛЬЗУЕМОГО В КАЧЕСТВЕ ТОПЛИВА**

Уч-к	Поступающие отходы (за исключением объектов, не относящихся к маслам/растворителям, таким как батарейки)	Продукты	Сброс в канализацию	Отходы для внешней обработки	Отходы на полигон
А	Отработанные масла в емкостях:14340	Котельное топливо для асфальтирования:12800			
	Гидравлическая жидкость: 15				
	Смешанные промасленные отходы: 100				
	Отработанные масляные фильтры:1355				
	Краски и растворители: 100				

Уч-к	Поступающие отходы (за исключением объектов, не относящихся к маслам/растворителям, таким как батарейки)	Продукты	Сброс в канализацию	Отходы для внешней обработки	Отходы на полигон
В	Смешанные отработанные масла:15000	Котельное топливо:13000	Сточные воды: 700	Спрессованные масляные фильтры:30	Осадки: 500
	Отработанные масляные фильтры: 90				
С	Загрязненная вода от отводного коллектора объекта	Котельное топливо для дальнейшей переработки или смешивания: 2000	Высокое ХПК сточных вод: 13600		Откачиваемый осадок: 300
	Отработанные масла от гаражей и предприятий: 2000				
	Дополнительное котельное топливо:100				
D	Отработанные смазочные масла (в цистернах): 80000	Отработанные смазочные масла, переработанные для использования в качестве топлива:72000	Сточные воды со следами углеводородов: 2500		Осадок от грохота:6
	Отработанные смазочные масла в бочках: 100				Осадок с донными остатками
	Дополнительное котельное топливо: 300	Керогаз (смешанное смазочное масло и котельное топливо):1000			Легкие фракции в 25-литровых бочках:10
					Мусор, тряпье и т.д.: 5

**Таблица 2.138 ПРИМЕР НЕГАТИВНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ ОТ УСТАНОВКИ ДЛЯ РЕЦИКЛИНГА МАСЛА, НА КОТОРОЙ НАГРЕВАЕТСЯ МАСЛО В ТЕЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА**

Поступающие отходы			
Тип отработанного масла	Годовое количество (т)	Содержание масла (%)	Влагосодержание (%)
Отработанное моторное масло	62000	97	3
Отходы отводного коллектора	25000	4	96
Растворимые масла	16000	25	75
Котельное топливо	7000	98	2
Масла от станций перегрузки или с переработки масляных фильтров	4000	97	3
Другие потоки с отработанными маслами	200	99	1
Образующие отходы и остатки			
Продукт			
Очищенные отработанные масла, используемые как топливо	75150	99,5	0,5
Удаление в канализацию		Масло (мг/л)	ХПК (мг/л)

Поступающие отходы			
Тип отработанного масла	Годовое количество (т)	Содержание масла (%)	Влагосодержание (%)
Сброс в канализацию	40000	200	
Депонирование на полигоне		% масла (по сухому твердому веществу)	Влагосодержание (%)
Полигон: продукты фильтрации	6000	11	25
Полигон: осадок процесса	12000	5	50
Полигон: прочие отходы	4000	2	40
Депонирование др. жидкостей	4000	2	98
Депонирование др. твердых	3000	5	95

**Таблица 2.139 НЕГАТИВНЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ, ОБРАЗУЮЩИЕСЯ ПРИ ТЕРМИЧЕСКОМ КРЕКИНГЕ ОТРАБОТАННЫХ МАСЕЛ**

Продукты	В основном для производства котельного топлива <sup>1</sup>	В основном для производства газойля <sup>2</sup>	Единицы (на тонну поступающих отработанных масел)
Котельное топливо (32 из 700 МДж и <0,5% S)	849		кг
Вспомогательные топлива <sup>2</sup>	63		кг
Газойль		706	кг
Лигроин		51	кг
Битум		38	кг
Выбросы			
CO <sub>2</sub>	2845		экв.-кг
SO <sub>2</sub>	9,8		экв.-кг
ЛОС	0,08		кг-экв. C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>
Твердые частицы	0,4		г
Фосфаты в воде	0,0012		кг-экв.
Отходы для удаления	18		кг
Отходы для утилизации	24		кг
Сточные воды		50	кг
Растворители		29	кг
Тяжелые осадки		61	кг
Лигроин		36	кг
Отходящие газы		29	кг

<sup>1</sup> Термический крекинг: термическая + химическая переработка (с H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)

<sup>2</sup> Термический крекинг, корректируемый для производства главным образом газойля. Доводка со стадиями очистки и стабилизации

Для совместной газификации с углем металлы, содержащиеся в отработанном масле, можно связать с инертным, неопасным нелетучим остатком. Соединения серы преобразуются в сульфид водорода и удаляются с помощью обычной очистки и преобразуются в элементарную серу. После процесса газификации нет металлов, неорганизованных выбросов или выбросов диоксинов.

**Таблица 2.140 ПРОДУКТЫ, ОБРАЗУЮЩИЕСЯ ПРИ ГАЗИФИКАЦИИ ОТРАБОТАННЫХ МАСЕЛ**

Продукты	Количество (на тонну поступающих отработанных масел)	Единицы
Метанол	1080	кг
Экономия поступающего первичного топлива, обычно используемого для газификации		
Выбросы		
CO <sub>2</sub>	1431	кг-экв.
SO <sub>2</sub>	0,21	кг-экв.
ЛОС	0,05	кг-экв. C2H4
Фосфаты	0,0079	кг-экв. фосфатов в воде
Отходы для удаления	1	кг
Отходы для утилизации	36	кг

288

Выбросы в воздух. Некоторые выбросы, связанные с обработкой отработанных масел для получения продукта, который может использоваться в качестве топлива, приведены в следующей таблице (табл. 2.141).

**Таблица 2.141 ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ, ОТНОСЯЩИЕСЯ К ПЕРЕРАБОТКЕ ОТРАБОТАННЫХ МАСЕЛ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В КАЧЕСТВЕ ТОПЛИВА**

Свойство	Диапазон	Единицы
Сухое вещество	75,3-78,0	%
Влажность	1,6-50	%
Теплотворная способность	10-40	МДж/кг
Зола	0,7-20	вес. %
Состав золы		
алюминий	6,9-9,2	
кальций	17,6-21,8	
железо	1,6-2,2	
калий	1,9-2,2	
магний	1,4-1,7	
натрий	1,9-2,7	
кремний	17,9-20,8	
титан	1,0-1,6	
Хлор	<0,01-1,77	вес. %
Фтор	0,001-0,02	вес. %
Сера	0,02-0,6	вес. %
Углерод	47,1-50,7	вес. %

Свойство	Диапазон	Единицы
Водород	6,6-7,0	вес. %
Азот	0,5-0,8	вес. %
Кислород	30,4-34,4	вес. %
As	<0,4-160	частей на млн.
Be	0,2-0,3	частей на млн.
Cd*	0,16-6	частей на млн.
Cd+Hg	7	частей на млн.
Co	0,4-7,4	частей на млн.
Cr	2,5-226	частей на млн.
Cu	6,8-1340	частей на млн.
Hg	<0,02-1	частей на млн.
Mn	22-590	частей на млн.
Ni	<2,5-4,0	частей на млн.
Pb	2,4-300	частей на млн.
Sb	1-39	частей на млн.
Se	0,8-1,7	частей на млн.
Sn	2-27,6	частей на млн.
Te	0,6-1,58	частей на млн.
Tl	<0.1-0,8	частей на млн.
V	2,3-10,2	частей на млн.
Zn	225-500	частей на млн.
ЕОХ	31-42	частей на млн.

\* Почти 70% Cd, который может находиться в MSW, переходит в продукты сгорания.

Т а б л и ц а 3.142 **ТОПЛИВО ИЗ ТВЕРДЫХ ОТХОДОВ, ПРОИЗВЕДЕННОЕ ИЗ ФРАКЦИИ С ВЫСОКОЙ ТЕПЛОТВОРНОЙ СПОСОБНОСТЬЮ ОТ ОТХОДОВ СНОСА**

Параметр	Единицы	Среднее значение	80-й перцентиль	Число проб
Нетто теплотворная способность	МДж/кг	20,6	25,1	179
Влагосодержание	%	13,4	18,8	346
Содержание золы	% DM	13,8	20,6	151
Хлор общий	%	0,7	1,1	171
Фтор общий	мг/кг DM	100,0	400,0	55
Сера общая	%	0,1	0,4	110
Сурьма	мг/кг DM	10,8	42,4	284
Мышьяк	мг/кг DM	1,0	2,0	257
Бериллий	мг/кг DM	0,2	0,3	230
Кадмий	мг/кг DM	2,2	4,9	266
Хром	мг/кг DM	48,0	82,9	259

Параметр	Единицы	Среднее значение	80-й перцентиль	Число проб
Кобальт	мг/кг DM	2,9	4,7	245
Медь	мг/кг DM	97,5	560,0	286
Свинец	мг/кг DM	89,0	160,0	265
Марганец	мг/кг DM	61,0	94,0	229
Ртуть	мг/кг DM	0,2	0,4	249
Никель	мг/кг DM	13,1	26,3	243
Селен	мг/кг DM	0,4	1,7	235
Теллур	мг/кг DM	0,4	1,0	222
Таллий	мг/кг DM	0,4	0,5	241
Олово	мг/кг DM	4,0	12,2	192
Ванадий	мг/кг DM	3,6	5,3	241
PCB	Сумма DIN 51527	0,2	0,5	21

Примечания: DM – сухое вещество

Все процентные значения массовые

MSW, использованные в то время, не включали в себя фракцию бытовых отходов с высокой теплотворной способностью. В них содержалась фракция отходов строительства и сноса и коммерческих отходов с высокой теплотворной способностью, что объясняет установленную нетто теплотворную способность.

**Таблица 2.143 ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ, ОТНОСЯЩИЕСЯ К ПЕРЕРАБОТКЕ ОТРАБОТАННЫХ МАСЕЛ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В КАЧЕСТВЕ ТОПЛИВА [**

Экологическая проблема при переработке отработанных масел	Комментарии
Хлорированные углеводороды	Они повышают уровень хлора в отработанных маслах
Диоксины	На них ссылаются, как на официальную причину вреда для окружающей среды при последних пожарах на установках для регенерации отработанных масел и при хранении базовых запасов
Свинец	В процессе переработки свинец завершает свою жизнь в тяжелых остатках, результатом чего является его "запирание" в битуме. Вследствие изменений технических условий на бензин загрязнение свинцом стало менее важным
Металлы	В процессе термического крекинга, по крайней мере, 98% металлов удаляется как не выщелачиваемый твердый порошок, собираемый в герметичные контейнеры и используемый как добавка к асфальту
Нелетучие металлы	Другие металлы, вероятно, находящиеся в отработанных маслах, могут оставаться в битумных остатках, как и свинец
РАН	РАН являются проблемой при переработке отработанных масел с точки зрения здоровья людей и состояния окружающей среды. Они образуются в течение неполного сжигания органического вещества. РАН довольно трудно подвергаются деструкции. Однако недавние проверки указывают, что возможно удаление РАН в процессе регенерации на современных установках, и, таким образом, удастся избежать накопления РАН
Соединения серы	Запах и выбросы оксидов серы при использовании в качестве топлива на установке для переработки

Сбросы в воду. Приготовление отработанных масел может приводить к росту смешиваемых или растворенных органических веществ, например, деэмульгаторов и моющих средств в стоках.

#### **2.1.5.4. Топливо, приготовленное из отходов**

Назначением этого раздела является обзор технических условий, которые обычно предъявляются к топливу из отходов для того, чтобы использовать его в различных процессах сжигания. Топливо из отходов является термином, используемым в этом документе для названия топлива, приготовленного из отходов. Как сформулировано в главе Область действия документа, описание самих процессов сжигания не охвачено в данном документе. Сжигание отражено в другом BREF промышленного сектора, охватываемого IPPC.

Применение топлив из отходов на установках совместного сжигания оказывает воздействие на эффективность установок и (или) выбросы в воздух и сбросы в воду, а также на качество остатков от сжигания и побочных продуктов. Воздействия, вызванные использованием отходов в качестве топлива вместо использования обычных топлив определяется различными свойствами отходов по сравнению с основным топливом. Например, негативные воздействия, вызываемые сжиганием отработанных масел на угольных электростанциях или в цементной печи, отличаются вследствие характера процесса и применяемых методов подавления выбросов. Существуют отличия технологий очистки выбросов/сбросов для процессов сжигания твердых и жидких топлив, а также отличия, связанные с температурами сжигания (от 800оС для печей с кипящим слоем до 2000оС в цементных печах) или типом установки для сжигания (электростанция, районное теплоснабжение или теплоэлектроцентраль). Следовательно, эти проблемы охвачены в каждом промышленном секторе BREF, вместе с обсуждением применяемого процесса сжигания, и, поэтому, здесь эти проблемы не рассматриваются.

Теплотворная способность отходов, используемых в качестве топлива, и другие важные свойства топлива, которые определяют, можно ли определенное топливо использовать в установке для сжигания, связаны с химическим составом и физическими свойствами. Засорение, шлакование и коррозия котла, используемого на электростанции/теплоэлектроцентрали, являются возможными негативными аспектами, которые также связаны с химическим составом, в частности, с наличием определенных компонентов в общем топливе, таких как щелочные металлы, хлор и сера. Эти компоненты могут оказывать большое негативное влияние на процессы сжигания и выработки тепловой и электрической энергии, так как могут приводить к простоям установки; они могут также воздействовать на характеристики золы, например, спекаемость и поведение при плавлении. Состав золы может быть важным фактором в экономике установок для сжигания. Загрязняющие элементы, такие как тяжелые металлы, могут оказывать негативное влияние на возможности использования золы, что приводит к высоким затратам на размещение золы. Физическая форма, в которой существует топливо, также является важной, так как система подачи должна быть способна управляться с топливом без проблем, а частицы должны быть достаточно малыми для полного сгорания в условиях соответствующей технологии сжигания. Гранулы, хлопья, брикеты и спрессованные брикеты являются самыми обычными применяемыми физическими формами для топлива из твердых отходов.

Помимо этого, для процесса сжигания важным параметром топлива являются летучие вещества, влияющие на стабильность факела. Обычно топливо из твердых отходов состоит из древесины, бумаги и пластмасс, которые в сравнении с углем отличаются высоким содержанием летучих веществ.

#### 2.1.5.4.1. Топливо, приготовленное из твердых коммунальных отходов

Таблица 2.144 ТОПЛИВО, ПРОИЗВОДИМОЕ ИЗ ФРАКЦИЙ ТКО, РАЗДЕЛЕННЫХ В ИСТОЧНИКЕ ОБРАЗОВАНИЯ (ФИНЛЯНДИЯ)

Параметр	Единицы	Разделенное в источнике сырья из квартир, офисов и т.д. <sup>1</sup>	Разделенное в источнике сырья от промышленности и компаний <sup>2</sup>
Влажность	%	33,6	16,6
Высшая теплотворная способность	МДж/кг DM	23,1	21,2
Низшая теплотворная способность	МДж/кг DM	22,3	20,1
Низшая теплотворная способность	МДж/кг DM	14,0	16,8
Энергосодержание	МВт-час/т	3,9	4,7
Содержание золы	%	10,2	6,7
Летучие вещества	%	74,8	78,3
Хлор	%	0,4	0,3
Алюминий	%	0,6	0,2
Металлический алюминий	%		0,03
Сера	%	0,2	0,1
Азот	%	1,5	1,4
Натрий	%	0,4	0,1
Растворимый натрий	%	0,3	0,1
Калий	%	0,3	0,1
Растворимый калий	%	0,2	0,1
Ртуть	мг/кг DM	0,3	0,1
Кадмий	мг/кг DM	1,2	
Хром	мг/кг DM	140	
Медь	мг/кг DM	80	
Никель	мг/кг DM	20	
Цинк	мг/кг DM	340	
Марганец	мг/кг DM	210	
Мышьяк	мг/кг DM	8,8	
Свинец	мг/кг DM	52,4	

Примечания: DM – сухое вещество

<sup>1</sup> Среднее, полученное из 742 проб; <sup>2</sup> Среднее, полученное из 490 проб.

Таблица 2.145 **ТОПЛИВО, ПРОИЗВЕДЕННОЕ ИЗ КОММЕРЧЕСКИХ ТКО (ДАННЫЕ ОТ ОДНОЙ НЕМЕЦКОЙ КОМПАНИИ)**

Параметр	Единицы	Среднее значение	80-й перцентиль	Количество проб
Низшая теплотворная способность	МДж/кг	2279	2573	1402
Влажность	%	11,5	17,2	1849
Содержание золы	% DM	9,6	11,6	1308
Хлор общий	%	0,4	0,7	1475
Фтор общий	мг/кг DM	100	400	200
Сера общая	%	0,1	0,1	307
Кадмий	мг/кг DM	0,8	3,2	443
Ртуть	мг/кг DM	0,2	0,4	402
Таллий	мг/кг DM	0,5	1,5	410
Мышьяк	мг/кг DM	1,5	1,7	394
Кобальт	мг/кг DM	2,0	3,8	383
Никель	мг/кг DM	6,2	16,0	384
Селен	мг/кг DM	1,0	2,5	318
Теллур	мг/кг DM	1,0	5,0	322
Сурьма	мг/кг DM	9,4	33,9	547
Бериллий	мг/кг DM	0,2	0,3	343
Свинец	мг/кг DM	25,0	64,4	406
Хром	мг/кг DM	20,0	43,9	417
Медь	мг/кг DM	48,0	118	504
Марганец	мг/кг DM	28,0	47,0	369
Ванадий	мг/кг DM	3,3	10,0	347
Олово	мг/кг DM	7,0	12,4	114
PCB	Сумма DIN 51527	0,2	0,5	134

Примечания: DM – сухое вещество  
Все процентные значения массовые.

Топливо из твердых коммунальных отходов, используемое для замещения угля. Основное различие между углем и топливом из ТКО заключается в содержаниях серы, хлора и тяжелых металлов. Во многих случаях, например, если рассматривается топливо из твердых отходов с пластмассами и сравнивается с углем, содержание хлора в утилизируемых топливах выше (обычно 0,5-1,0%), а серы – ниже. Содержание тяжелых металлов должно быть в близком диапазоне (диапазон частей на млн.) или даже выше. Топливо из твердых отходов продается в различных физических формах. В табл. 3.146 приведен обзор различных физических форм топлива из отходов.

Таблица 2.146 ОБЗОР РАЗЛИЧНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ФОРМ ТОПЛИВА ИЗ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ

Топливо из отходов	Определяющие физические и химические характеристики
Хлопьевидное	Размер частиц, объемная плотность, влагосодержание, низшая теплотворная способность, содержание золы, химический состав
Мягкие гранулы	
Твердые гранулы	
Чипсы	
Порошок	

Требования потребителя часто определяют качество продукта и характеристики топлива из отходов. Электростанции, цементные печи и печи для обжига извести, установки для газификации, котлы, работающие на многих видах топлива и т.д. имеют различные стандарты для использования топлива из твердых отходов в зависимости от их технологии, очистки отходящих газов и технических условий на получаемую продукцию.

Высушенные осадки сточных вод. Большие объемы высушенных осадков сточных вод с теплотворной способностью от 3 до 10 МДж/кг используются на электростанциях.

294

#### 2.1.5.4.2. Технические условия на топливо из отходов, используемое в цементных печах

В двух следующих таблицах (табл. 2.147 и 2.148) содержатся примеры технических условий для топлива из отходов, используемого в цементных печах некоторых стран. В этих таблицах не отражается полная информация по Европе, так что сведения, представленные в них не являются исчерпывающими.

Порядок отбора проб и измерения, требующиеся для приема замещающих топлив в цементных печах некоторых стран, показаны в табл. 3.147.

Таблица 2.147 ПРИМЕРЫ ТЕХНИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ОТХОДЫ, ПРИНИМАЕМЫЕ В КАЧЕСТВЕ ТОПЛИВА В ЦЕМЕНТНЫХ ПЕЧАХ НЕКОТОРЫХ СТРАН

Вещества или определяемые критерии	Единицы	Соединенное Королевство	Фландрия (регион Бельгии) <sup>1</sup>	Италия <sup>2</sup>	Новая Зеландия <sup>3</sup>
Теплотворная способность	МДж/кг	23-29	>15	>15	
Разделение воды/растворителя		Не определено			
Влагосодержание	%			<25	
Общая сера	%	<0,3	<0,4	<0,6	0,1-2,8
Общий хлор	%	<2	<0,5	<0,9	0,03-0,76
Общие фтор, бром, иод	%	<0,5			
F	%		<0,1		
Общие бром, иод	%		<0,01		

Вещества или определяемые критерии	Единицы	Соединенное Королевство	Фландрия (регион Бельгии) <sup>1</sup>	Италия <sup>2</sup>	Новая Зеландия <sup>3</sup>
Общий азот	%		<1,0		
Al	частей на млн.				10-1000
As	частей на млн.	<50	<10	<9	<50-60
Be	частей на млн.		<1		
Cd	частей на млн.		<10		<10-20
CD + TI	частей на млн.	<40			
Cd + Hg	частей на млн.			<7	
Co	частей на млн.	<100			
Cr	частей на млн.	<200		<100	<10-80
Cu	частей на млн.	<600		<3006	<10-165
Hg <sub>4</sub>	частей на млн.	<20			<10
Hg, TI	частей на млн.		<2		
Mn	частей на млн.	<250		<400	
Mo	частей на млн.		<20		
Ni	частей на млн.	<50		<40	
Pb	частей на млн.	<500	<200	<2005	10-1080
Sb	частей на млн.	<50			
Sn	частей на млн.	<100			
V	частей на млн.	<50	<200		
Zn	частей на млн.		<500		
Sb, As, Cr, Co, Cu, Pb, Mn, Ni, Sn, V	частей на млн.	<1800			108-3670
Содержание твердых и золы	%	В зависимости от типа топлива из отходов		<20	
Содержание PCB					<10
Другие виды		В зависимости от типа топлива из отходов			

<sup>1</sup> Было сообщено, что в настоящее время цементные печи не работают во Фландрии

<sup>2</sup> Производитель SFR сообщил о производстве топлива из отходов со следующими характеристиками: теплотворная способность выше, чем 18,8 МДж/кг, влагосодержание меньше, чем 20%, содержание общего хлора меньше, чем 1% и содержание золы меньше, чем 6%

<sup>3</sup> Для топлива из отходов, используемого в цементной печи

<sup>4</sup> Сообщалось о более низкой теплотворной способности (2-5 частей на млн., если установка сообщена рукавным фильтром с активированным углем, и меньше, чем 1 часть на млн., если такое оборудование не внедрено), но не было ссылки на какую-либо страну или установку

<sup>5</sup> ссылка только на летучий Pb

<sup>6</sup> ссылка только на соединения растворимой Cu

Больше данных можно найти в Законодательстве Германии (табл. 1 Stellungnahme der LAGA zu RAL GZ 724) и в работе, проведенной CEN/TC 343 WG 2

В табл. 2.148 приведено несколько примеров технических условий, применяемых к различным типам отходов, принимаемым в цементных печах Франции.

**Таблица 2.148 ПРимеры технических условий для различных типов отходов, принимаемых как топливо из отходов в цементных печах Франции**

Вещества или определяемые критерии	Единицы	Катализатор	Промышленные осадки	Загрязненная вода с высоким содержанием ХПК (>10000 частей на млн.)	Мука из мяса животных	Животный жир	Отработанные масла
PCB/PCT	частей на млн.	<50	<50	<50			<50
Пентахлорфенол		нет	нет	нет			нет
Hg	частей на млн.	<10	<10	<10			
Hg+Cd+Pb	частей на млн.	<100	<100	<100			
Sb+As+Pb+Cr+Co+Ni+V+Sn+Te+Se	частей на млн.	<10000	<2500	<2500			
Тяжелые металлы	%						<1
pH			3-12	3-12			3-12
Теплотворная способность	кДж/кг		8400	8400	18800	38500	38500
Общие углеводороды	%	<0,5					
CaO+SiO <sub>2</sub> +Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	>80*					
Вода	%	<10	40-70				<15
Щелочи (Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O)	%	<5	<1,5	<5			<5
Общий хлор	%	<0,6	<0,3	<0,6	<0,6	<0,1	<0,6
Общая сера	%	<5	<2	<2	<0,4	<0,1	<2
Общий азот (как P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	%	<2	<5				

Вещества или определяемые критерии	Единицы	Катализатор	Промышленные осадки	Загрязненная вода с высоким содержанием ХПК (>10000 частей на млн.)	Мука из мяса животных	Животный жир	Отработанные масла
F	%	<2					
Br	%	<0,5					
I	%	<0,5					
F + Br + I	%		<1	<1			<1
Твердые остатки при 900°C	%		<30	<5			<5
Вязкость при 20°C	сп			250			250

Примечания:\* на сухой основе

Типами отходов, не принимаемых для переработки в цементных печах Франции, являются радиоактивные продукты, взрывчатые вещества, пероксиды, перхлораты и сильные окислители, соединения, вызывающие износ, минеральные цианиды, больничные отходы, отходы, загрязненные патогенными микробами и легковоспламеняющиеся жидкости.

Некоторые перечисленные здесь отходы, соответствуют отходам, которые отправляются непосредственно производителем отходов на цементные печи, и тогда они не подвергаются переработке перед использованием в цементных печах. Некоторые отходы, перечисленные здесь, четко не соответствуют использованию отходов в качестве топлива.

Некоторые вещества, упомянутые здесь, оказывают воздействие на процесс в цементной печи или на продукцию (например, щелочи, фосфор, вязкие вещества). Для получения большей информации следует обратиться к BREF в части производства цемента и извести.

Таблица 2.149 СТАНДАРТНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ СОДЕРЖАНИЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В ОТХОДАХ, ИСПОЛЗУЕМЫХ В ЦЕМЕНТНЫХ ПЕЧАХ ШВЕЙЦАРИИ

Вещество	A		B	C
	мг/МДж	мг/кг (при 25 МДж/кг)	мг/кг	мг/кг
Ag	0,2	5	-	-
As	0,6	15	20	30
Ba	8	200	600	1000
Be	0,2	5	3	3
Cd	0,08	2	08	1
Co	0,8	20	30	100
Cr	4	100	100	200
Cu	4	100	100	200

Вещество	А		В	С
	мг/МДж	мг/кг (при 25 МДж/кг)	мг/кг	мг/кг
Hg	0,02	0,5	0,5	0,5
Ni	4	100	100	200
Pb	8	200	50	75
Sb	0,2	5	1	5
Se	0,2	5	1	5
Sn	0,4	10	50	30
Tl	0,12	3	1	2
V	4	100	200	300
Zn	16	400	400	400
Токсичные органические соединения	Не имеется стандартного значения. Однако имеются некоторые ограничения, упомянутые, если имеется подозрение на наличие РСВ, диоксинов или подобных токсичных соединений или органических соединений			

Столбец А применяется для отходов, используемых в качестве топлива либо в основной горелке в выходе клинкера вращающейся печи, либо на входе во вращающуюся печь. Стандартное значение в столбце А (мг/МДж) основано на низшей теплотворной способности отходов. Ради ясности стандартные значения в (мг/кг отходов) основаны на низшей теплотворной способности 25 МДж/кг. Значение 25 МДж/кг соответствует теплотворной способности антрацита. Если теплотворная способность отходов меньше или больше, чем 25 МДж/кг, допустимое содержание тяжелых металлов изменяется пропорционально.

Столбец В применяется для отходов, используемых в качестве альтернативного сырья при производстве клинкера. Эти отходы замещают часть сырья, обычно используемого или служащего для корректирования состава сырья, т.е. содержания кальция, железа, кремния или алюминия.

Столбец С применяется для отходов, используемых на стадии измельчения при производстве портландцемента. Портландцемент состоит из 90-95% измельченного цементного клинкера и 5-10% гипса, а также других материалов, добавляемых на стадии измельчения.

#### **2.1.5.4.3. Отработанные масла, используемые в качестве топлива**

Отработанные масла имеют некоторые полезные свойства для использования их в качестве добавки к котельным топливам. В частности, они имеют более низкое содержание серы и меньшую вязкость по сравнению с другими тяжелыми топливами. Практичным вариантом для масел является их смешивание с котельным топливом на нефтеперерабатывающем заводе, если при этом можно продемонстрировать, что после добавления масел не последует превышения допустимых значений загрязняющих веществ, указанных в технических условиях на котельное топливо.

Отработанные масла используются как топливо на ряде электростанций в Соединенном Королевстве. Типичные технические условия приведены в табл. 3.150. Сообщалось, что поставщики отработанных масел постоянно сталкиваются с трудностями в выполнении технических требований для хлора вследствие загрязнения отработанных масел в Соединенном Королевстве. Это связано с другими отходами, такими как трансформаторные масла и хлорированные жиры.

**Таблица 2150 ТИПИЧНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ДЛЯ УТИЛИЗИРУЕМОГО КОТЕЛЬНОГО ТОПЛИВА, ПОСТАВЛЯЕМОГО НА ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ СОЕДИНЕННОГО КОРОЛЕВСТВА**

СВОЙСТВА	Единицы	Минимум	Максимум
<b>Физические</b>			
Плотность при 15°C	г/см <sup>3</sup>	0,88	0,95
Точка воспламенения	oC РМСС	65	
Низшая теплотворная способность	ГДж/т	40	
Вязкость при 40°C	сСт	30	55
<b>Химические</b>			
Влагосодержание	% вес.	0	3
Сера	% вес.	0	1
Хлор	частей на млн.	0	1100
РСВ	частей на млн.	0	10
Свинец	частей на млн.	0	200
Ванадий	частей на млн.	0	50
Медь	частей на млн.	0	50
Кадмий	частей на млн.	0	10
Хром	частей на млн.	0	30
Никель	частей на млн.	0	50

Очищенные отработанные масла после этих процессов обычно смешиваются с другими котельными топливами. Очищенные отработанные масла будут содержать тяжелые металлы, галогены и серу.

В табл. 2.151 приведено резюме компонентов, находящихся в продуктах от термического крекинга отработанных масел.

**Таблица 2.151 КОМПОНЕНТЫ ОТХОДОВ ПОСЛЕ ТЕРМИЧЕСКОГО КРЕКИНГА ОТРАБОТАННЫХ МАСЕЛ**

Экологическая проблема	Комментарии
Хлорированные углеводороды	Если крекированное топливо подвергается гидроочистке, удаляются хлорированные соединения. Тяжелые РСВ (с точкой кипения выше, чем у отработанных масел) разрушаются в течение процесса. Легкие РСВ только частично разрушаются в течение этого процесса. Органические соединения хлора могут оставаться в дистилляте
Хлор	Максимальное значение для содержания хлора в 50 частей на млн. было установлено правительством Голландии

Экологическая проблема	Комментарии
Металлы	Эффективность вакуумной колонки дает возможность производить дистиллят с содержанием металлов ниже, чем 1 часть на млн. Все металлы, находящиеся в отработанных маслах, завершают свою жизнь на дне секции крекинга
ПАН	Тяжелые ПАН крекируются и сжигаются с легким лигроином. Более легкие ПАН добавляются в коллектор легких топлив
Сера	Бензин должен иметь содержание серы, которое зависит от уровня серы в поставляемом отработанном масле и применяемого метода стабилизации

Вероятно, для того, чтобы выполнить требования ЕС в отношении содержания серы в жидких топливах (печное топливо), получаемые крекируемые продукты следует либо подвергать очистке для снижения содержания серы, либо смешивать с продуктами с более низким содержанием серы (тем самым используя косвенно определенные возможности десульфуризации).

**Таблица 2.152 ПРОДУКТЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ С ПОМОЩЬЮ ТЕРМИЧЕСКОГО КРЕКИНГА ОТРАБОТАННЫХ МАСЕЛ**

Продукты	Единицы (на тонну поступающих отработанных масел)	В основном для производства котельного топлива <sup>1</sup>	В основном для производства газойля <sup>2</sup>
Котельное топливо (32 из 700 МДж и <0,5% S)	кг	849	
Вспомогательные топлива <sup>3</sup>	кг	63	
Газойль	кг		706
Лигроин	кг		51
Битум	кг		38

<sup>1</sup> Термический крекинг: термическая + химическая переработка (с H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)

<sup>2</sup> Термический крекинг регулируется для производства в основном газойля. Доводка осуществляется с помощью стадии очистки и стабилизации

<sup>3</sup> Многие являются топливом из отходов, образующимся в течение процесса

Для совместной газификации с углем металлы, содержащиеся в отработанном масле, можно связать в инертном, неопасном летучем остатке. Соединения серы преобразуются в сульфид водорода и удаляются с помощью обычной очистки и преобразуются в элементарную серу. При процессе не получаются металлы, неорганизованные выбросы или выбросы диоксинов.

**Таблица 2.153 ПРОДУКТЫ, ПОЛУЧАЕМЫЕ ПРИ ГАЗИФИКАЦИИ ОТРАБОТАННЫХ МАСЕЛ**

Продукты	Единицы	Количество (на тонну поступающего отработанного масла)
Метанол	кг	1080
Экономия первичного топлива, обычно используемого для газификации		

#### 2.1.5.4.4 Системы гарантии качества

Информация, приводимая в этом разделе, представляет собой обследование существующих систем гарантии качества и последних разработок.

##### Европейская CEN/VT/TF 118.

Рабочая группа CEN (Европейской комиссии по стандартизации) 118 "Утилизируемые топлива из твердых отходов" была создана в апреле 2000 г. Рабочая группа подготовила технический отчет о производстве и применении топлива из твердых отходов в ЕС, а также о разработке рабочей программы в качестве основы для европейских норм в будущем. Европейская модель классификации основана на характеристиках топлива из твердых отходов, источнике материалов и происхождении. В отчете сделан вывод, что необходимо разработать Европейский стандарт. CEN дала поручение разработать в качестве первого шага ряд технических спецификаций, относящихся к топливу из твердых отходов, произведенному исключительно из неопасных отходов, для утилизации энергии при сжигании отходов или на установках для совместного сжигания. В качестве второго шага CEN дала поручение преобразовать этот ряд технических спецификаций в Европейские стандарты.

##### Немецкий RAL<sup>42</sup>.

Еще в 1999 г. немецкая ассоциация начала прилагать усилия по установлению знака качества для топлива, приготовленного из твердых неопасных отходов. Этот знак присуждается производителям топлива из твердых отходов, которое соответствует требованиям путем гарантии постоянного качества. Стандарты, прежде всего, относятся к цементной промышленности и электростанциям. Соответственно топливо из твердых отходов должно отвечать критериям, приведенным в приложениях 1 и 2 для системы гарантии качества. В приложении 1 содержится перечень со всеми разрешенными отходами, которые применимы в качестве основного принципа. В приложении 2 приведены значения, которые должны выполняться. Эти значения приведены в табл. 3.154. Обследования подтверждения, а также процедура инспекции проводится в две стадии. Эти системы включают в себя вопросы отбора проб, расчет средних значений, процедуру подтверждения (первое обследование), самоконтроль, независимую инспекцию и повторный контроль.

Таблица 2.154 СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ, КОТОРОЕ ДОЛЖНО СООТВЕТСТВОВАТЬ BGS<sup>43</sup>/12

Параметр	Содержание тяжелых металлов <sup>4</sup>	
	Среднее значение (мг/кг DM)	80-й перцентиль (мг/кг DM)
Теплотворная способность		
Влажность		
Содержание золы		
Содержание хлора		
Кадмий	4	9

Параметр	Содержание тяжелых металлов <sup>4</sup>	
Ртуть	0,6	1,2
Таллий	1	2
Мышьяк	5	13
Кобальт	6	12
Никель	25 <sup>1</sup> 80 <sup>2</sup>	50 <sup>1</sup> 160 <sup>2</sup>
Селен	3	5
Теллур	3	5
Сурьма <sup>5</sup>	50	120
Свинец	70 <sup>1</sup> 190 <sup>2</sup>	200 <sup>1</sup> - 3
Хром	40 <sup>1</sup> 125 <sup>2</sup>	120 <sup>1</sup> 250 <sup>2</sup>
Медь	120 <sup>1</sup> 350 <sup>2</sup>	-3 -3
Марганец	50 <sup>1</sup> 250 <sup>2</sup>	100 <sup>1</sup> 500 <sup>2</sup>
Ванадий	10	25
Олово	30	70
Бериллий	0,5	2

<sup>1</sup> Для утилизации твердого топлива из специальных отходов

<sup>2</sup> Для утилизации твердого топлива из фракций муниципальных отходов с высокой теплотворной способностью

<sup>3</sup> Ограничение, пока не имеется надежной базы данных, представленной переработчиками топлива

<sup>4</sup> Содержание тяжелых металлов действительно для теплотворной способности NCVDM (низшая теплотворная способность по сухому веществу)  $\geq 16$  МДж/кг для фракций муниципальных твердых отходов с высокой теплотворной способностью. Для значений теплотворной способности более низких содержание должно соответственно снижаться, рост не разрешен

<sup>5</sup> Значения, адаптированные в случае гидролиза царской водкой в замкнутой микроволновой системе

Финская SFS 5875<sup>44</sup>.

<sup>42</sup> Институт гарантии качества и сертификации Германии.

<sup>43</sup> Британская геологическая служба.

<sup>44</sup> Стандарт Ассоциации стандартов Финляндии для топлива, утилизируемого из отходов

Финская система управления отходами основана на раздельном сборе отходов для рециклинга и для производства топлива из твердых отходов. Различные твердые отходы и финские котлы с высокими техническими нормами используются для производства энергии с высокой эффективностью и при соответствующих низких уровнях выбросов. Применение топлива из твердых отходов на финских котлах, работающих на нескольких видах топлива, оценивается как "хорошо подходящее". Предписания относятся к раздельному сбору, сухим твердым фракциям, фракциям с высокой теплотворной способностью, полученным из бытовых отходов. Регламент определяет операции и потребности в контроле производства топлива из твердых отходов, а также относится ко всей цепи обращения с отходами, от источника утилизируемой бумаги до размещения отходов. Для каждой части цепи управления стандарт требует ответственное лицо для мониторинга технический требований и качества.

Аналогично немецкому стандарту приложения к финскому стандарту определяют конкретные требования, относящиеся к пороговым значениям для тяжелых металлов, а также к системе проведения анализов, отбору проб и т.д. Пороговые значения предварительно определяются, и они должны соблюдаться так же, как предписания в отношении существа контрактов. Включаются операция контроля, требования качества и классы качества.

По сравнению с немецким стандартом финский стандарт делит отходы на три класса качества. Для определения категорий топлива из твердых отходов в Финляндии анализируется семь элементов. В табл. 3.155 представлены критерии классификации классов качества.

Таблица 2.155 КЛАССЫ КАЧЕСТВА СОГЛАСНО SFS 5875/13

Параметр	Единица	Классы качества		
		I	II	III
Хлор	вес.%	<0,15	<0,5	<1,5
Сера	вес.%	<0,2	<0,3	<0,5
Азот	вес.%	<1,0	<1,5	<2,5
Калий и натрий	вес.%	<0,2	<0,4	<0,5
Алюминий (металлический)	вес.%	-1	-2	-3
Ртуть	мг/кг	<0,1	<0,2	<0,5
Кадмий	мг/кг	<1,0	<4,0	5,0<

<sup>1</sup> Металлический алюминий не разрешен, но принимается в пределах точности отчетности

<sup>2</sup> Металлический алюминий минимизируется разделением в источнике и процессом производства топлива

<sup>3</sup> Содержание металлического алюминия согласовывается отдельно.

Австрийская ÖG SET<sup>4</sup>.

<sup>4</sup> Австрийская ассоциация вторичных энергоносителей.

В рамках совместного проекта Австрийская ассоциация вторичных энергоносителей разработала концепцию гарантии качества для твердых утилизируемых топлив (SRF).

Цель. Для того, чтобы выполнить требования для термического использования отходов/остатков при промышленном совместном сжигании, следует тщательно определить качество отходов/остатков. При производстве топлива из отходов особое внимание следует уделять гарантии качества. В соответствии с требованиями ÖG SET для применения топлив из отходов в промышленном масштабе, важным является не только химическое содержание и состав, определяемые происхождением отходов, но также и физические параметры, такие как размер частиц и их агломерация.

Для выполнения этих требований в соответствии с ÖG SET необходимо:

- подготовить регламент отбора и подготовки проб;
- оценить значения подготовленного регламента для применения твердых утилизируемых топлив при промышленном совместном сжигании, производстве электрической и тепловой энергии;

- подготовить концепцию гарантии качества.

Организация. Основным предварительным условием для введения в действие подготовленного регламента является широкая поддержка от компаний, заинтересованных в производстве и термическом использовании твердого утилизируемого топлива.

Деятельность. Проводятся следующие виды деятельности:

- включение критериев для использования SRF в различные планы промышленного сжигания/производства электрической и тепловой энергии;
- подготовка регламентов для отбора проб SRF;
- проведение межведомственной проверки для определения стандартных отклонений среднего содержания в результате отбора, подготовки и анализа проб;
- подготовка концепции гарантии качества;
- определение основных требований для знака качества.

С учетом пяти отраслей промышленности и применяемых технологий для термического использования (например, горелки на пылеугольном топливе, вращающиеся печи, печи с кипящим слоем), были созданы пять рабочих групп (цементная промышленность, целлюлозно-бумажная промышленность, электростанции, черная металлургия и деревообрабатывающая промышленность). Для обеспечения всестороннего подхода в работе каждой группы принимали участие производители и потребители SRF. Для различных технологий использования были подготовлены и определены важнейшие критерии с целью термического использования отходов и остатков. В основном, были определены три разных типа показателей качества:

- критерии исключения;
- физико-химические показатели качества;
- другие показатели качества.

Эти показатели качества составляют набор критериев и характеристик, определенных рабочими группами. Каждый производитель и потребитель может выбрать характеристики для качества требуемого ему SRF из перечня.

Подготовка основ для составления технических условий. Подготовка ведомости технических требований облегчает сообщение между производителем SRF и потребителем. Для поиска необходимого SRF могут быть предложены следующие дополнительные критерии:

- критерии транспортирования и хранения (например, объемная плотность);
- тип транспортирования (например, автомобильный, железнодорожный транспорт).

Дополнительная информация может существенно облегчить обращение с SRF.

Межведомственная проверка. Были разработаны схемы проверки двух SRF (одно менее и другое более гетерогенное). Один тест проводился для определения основных параметров со статистической оценкой существующих данных. Были исследованы также химические параметры из перечня критериев. Первым шагом стал расчет массы пробы и количества проб на основе системы,

предусмотренной CEN TC 292 WGI "Определение характеристик отходов – способы отбора проб для отходов" (проект от февраля 2001 г.). Объем и количество проб рассчитывали с использованием целевого суммарного отклонения, размера частиц, объемной плотности и гетерогенности отходов, выраженной с помощью стандартного отклонения, полученного в ходе предварительного рассмотрения. На основе результатов межведомственной проверки были определены руководства для подготовки отбора проб.

Подготовка концепции гарантии качества. Для обеспечения требуемых критериев качества в настоящее время готовится концепция качества, которая учитывает специальные потребности в применении и использовании SRF.

Гарантия качества компании. В некоторых компаниях существуют внутренние системы гарантии качества.

Таблиц 2.156 ОБЗОР СИСТЕМЫ.

Стадия процесса	Меры	Дополнительные меры
Происхождение (производитель отходов, установка для сортировки, механическая, биологическая переработка)	Сбор отходов, предотвращение попадания примесей, контрактные соглашения о допустимых количествах отходов, уведомления об анализах, документальных подтверждениях размещаемых количеств	Курсы обучения для производителей отходов, периодический контроль компании производящей отходы лицом, отвечающим за удаление
Установка для переработки (поставки_)	Регулярный отбор и анализ проб, запасные пробы, документальное подтверждение поставки и переработанных количеств	Регулярный отбор проб и анализ отправляемых материалов внешним официальным экспертом
Установка для переработки (продукция)	Регулярный отбор и анализ проб, запасные пробы, документальное подтверждение поставляемых количеств	
Печи для обжига цемента и извести, электростанции	Регулярный отбор и анализ проб, запасные пробы, документальное подтверждение поступающих количеств	

### **2.1.6 Уровни потребления и воздействия от используемых в сфере обработки отходов систем очистки продуктов сгорания, сточных вод и образующихся твердых отходов**

Этот раздел охватывает негативные воздействия, возникающие от процессов очистки продуктов сгорания, сточных вод и образующихся твердых отходов (т.н. процессы подавления воздействий у конца трубы»), используемых в секторе обращения с отходами перед тем, как эти потоки будут размещены. Основной целью этих процессов является снижение концентрации загрязняющих веществ в выходящих потоках. Нагрузки и концентрации загрязняющих веществ в этих потоках должны снижаться с помощью процессов подавления воздействий у конца трубы, но при этом, некоторые загрязняющие вещества могут оставаться в исходящих потоках, а другие могут образовываться. В этом разделе не описываются реальные способы, так как эти способы рассматриваются для определения ВАТ, и, таким образом, они анализируются в Главе 4. В этом документе даются только некоторые описания способов, изложенные в краткой

форме, так как они имеются в наличии в других документах BREF (например, BREF по отходящим газам и сточным водам).

Стоки от установок для обработки отходов обычно содержат органические химические вещества (например, измеряемые как ТОС или ХПК), азот, фосфор и хлориды, так как в большинстве отходов изначально содержатся некоторые органические материалы, даже если они связаны только с проливами топлив/масел от транспортных средств на участке или от мер по борьбе с обледенением на поверхности. Большие количества ХПК, азота, фосфора и хлора могут воздействовать на характеристики очистных сооружений.

Основными выбросами в воздух от систем очистки сточных вод должны быть диоксид углерода, метан и закись азота, а сбросами в воду или в канализацию – ТОС, азот, фосфор и хлориды. Сбросы в водные объекты обычно контролируются, а выбросы в воздух контролируются редко. Обычно имеется некоторая информация о поступающих отходах, которая должна дать возможность идентифицировать большие количества отходов, обогащенных азотом, и минимизировать выбросы азота в воздух путем расчета на основе массового анализа с использованием данных по сбросу. Если имеется информация о ТОС/ХПК в поступающих отходах, тогда можно сделать приблизительный расчет выбросов диоксида углерода.

В дополнение к этому, может быть любое количество дополнительных выбросов в зависимости от поступающих отходов, как указано в табл. A2.157, или в зависимости от стадии очистки сточных вод.

**Таблица 2.157 ВЫБРОСЫ И СБРОСЫ НА РАЗЛИЧНЫХ СТАДИЯХ РАБОТЫ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД**

Очистные сооружения	Выбросы (сбросы)
Прием	В системах биологической очистки сточных вод важно, чтобы поток субстрата был относительно постоянным, в связи с чем приемные ямы или уравнивательные резервуары являются важной характеристикой процесса. Они обычно заполняются из автоцистерн или по трубопроводу от источника. Существует возможность проливов и выбросов в воздух (потенциальная отгонка воздухом), когда стоки передаются или смешиваются с помощью аэрационных блоков в этих емкостях. С наибольшей вероятностью летучие химические соединения окажутся в неорганизованных выбросах в воздух, если таковые имеются
Первичная очистка	На начальных стадиях очистки обычно предусматривается удаление крупных и мелких твердых частиц. Они могут включать в себя грубые остатки и (или) остатки тонкого грохочения, первичного осаждения или воздушной флотации. Основными потенциальными источниками выбросов являются деятельность по перемещению в этих процессах. Некоторые компоненты могут преимущественно концентрироваться в твердых частицах, которые собираются и хранятся после первичной очистки. Флоккулянты или другие добавки могут использоваться при осветлении и могут добавляться дополнительные виды в поток
Вторичная очистка	Предпочтительно сюда включается аэробная стадия, когда стоки аэрируются кислородом или воздухом (HRT 0,5-3 дня) для преобразования летучих органических соединений с помощью микроорганизмов (в осадке) и конечный сток. Выбросы могут происходить от активного прохождения процесса в аэротанке и могут являться результатом отгонки воздухом летучих соединений. Обычно принимается, что стоки очищаются таким образом, выбросы не будут опасными, так как процесс является биологическим. Хотя это обычный случай, это необязательно так, и известно, что выделяются канцерогенные вещества при воздушной отгонке в аэротанке, в то время как работа установки не нарушалась.  Нелегко определить все потенциальные промежуточные соединения, которые могут образовываться, так как сложные органические соединения разрушаются в течение процесса, или появляются другие летучие соединения в этих обстоятельствах

Очистные сооружения	Выбросы (сбросы)		
	Вторичная очистка	Газообразные выбросы в воздух	Сбросы в канализацию или контролируемые водные объекты
Аэробные системы сточных вод	Диоксид углерода, запахи (главным образом от органических соединений), микробы	ТОС/N/P/Cl	ТОС/N/P
Анаэробные системы сточных вод	Метан, диоксид углерода, микробы	ТОС/N/P/Cl	ТОС/N/P

\* Реальный набор газов, которые образуются, намного больше, и, вероятно, включает в себя аммиак и монооксид углерода во всех процессах, но они невелики по сравнению с основными продуктами деградации.

В табл. 2.158 приведены некоторые количественные значения выбросов от очистки сточных вод, и даны советы, как их можно рассчитать.

Таблица 2.158 **ВАЖНЕЙШИЕ ВЫБРОСЫ (СБРОСЫ) ПРИ ОЧИСТКЕ СТОЧНЫХ ВОД**

	Выбросы в воздух	Сбросы в поверхностные воды/канализацию	Сбросы на землю и твердые отходы
Аммиак	Низкие. Когда принимаются отходы с высокой концентрацией аммиака, имеется возможность провести массовый баланс на некоторых участках. Аммиак может также образовываться при удалении коллоидных твердых частиц при использовании вакуумной фильтрации		
Диоксид углерода (кг)	Существует возможность оценить выбросы по $TOC_{на\ выходе} - TOC_{на\ входе}$		
Метан	Низкие		
Закись азота	Низкие		
Другие виды: металлы и органические соединения		Может быть возможность оценить поступление по анализу отходов, а затем либо провести расчет на основе аналитических данных от выхода на участке, либо с помощью проверки вероятности выбросов в воздух сбросов в воду и осадков	
ТОС			
ХПК			

	Выбросы в воздух	Сбросы в поверхностные воды/канализацию	Сбросы на землю и твердые отходы
БПК		10-20 мг/л (средневзвешенный ежемесячный поток) для любой поступающей нагрузки	
Общий азот			Азот и фосфор в стоках появляются при очистке азотной кислотой, соединениями аммиака, аминами и т.д. и фосфорной кислотой
Общий фосфор			
Хлориды			
Фториды		Фториды не являются обычной частью стоков, если только на участке не принимались активно отходы, в которых содержатся фториды	
Тяжелые металлы			Когда источники ртути или кадмия нельзя устранить или уменьшить с помощью контроля в источнике, требуются меры подавления для контроля сбросов в воду. При биологической очистке 75-95% этих металлов перейдет в осадок. Маловероятно, что уровни вызовут проблемы для удаления осадков, но необходимо внимание для обеспечения того, чтобы уровни в принимающих водных объектах были допустимыми.

Выбросы ЛОС. Выбросы от аэробной очистки могут происходить от аэротенка, так как аэрация является очень активным процессом и может привести к отгонке воздухом летучих соединений. Часто предполагается, что стоки обрабатываемые таким образом, не приводят к опасным выбросам, так как процесс является биологическим. Это не совсем верно, так как имеется информация, от том что в выбросах аэротенков могут содержаться канцерогенные вещества. Нелегко определить все потенциальные промежуточные соединения, которые могут образоваться, так как в процессе разрушаются сложные органические соединения, или становятся летучими в определенных обстоятельствах. Можно ожидать, что из сырьевого материала, содержащего известные летучие органические загрязняющие вещества, будут происходить выбросы в воздух в этом месте процесса. Подобный сценарий будет происходить для сырьевого материала с избыточным содержанием азота.

Выбросы аммиака в воздух. Аммиак часто образуется в системах отгонки воздухом на установках для очистки сточных вод, на которых проводится очистка стоков с высоким содержанием азота, таких как полигонный фильтрат.

Осадки. После аэротенка конечные стоки всегда отделяются еще в одном осветлителе или отстойном резервуаре. И снова некоторые органические соединения могут биологически накапливаться в осадке.

## 2.2 Экологический мониторинг

В этом разделе дано общее описание мониторинга окружающей среды и практики отчетности, выявленных в секторе обращения с отходами. Целью этого раздела является описание практики, уже используемой в Европе для того, чтобы дать лучшее представление надзорным органам о выборе соответствующих методологий мониторинга, частоты мониторинга, критериев оценки соответствия и пр. Однако в этом разделе не выбирается какой-либо определенный тип методологии измерений, частоты процедур оценки или критериев оценки соответствия. Некоторую информацию об этих проблемах можно найти в справочных документах по экологическому мониторингу (далее - мониторингу).

Соединения или параметры, подлежащие мониторингу в секторе обращения с отходами, и частота самого мониторинга весьма различны. Они зависят от типа обрабатываемых отходов, а также от типа используемых процессов. Мониторинг должен быть адаптирован к типу выбросов (например, периодические или непрерывные выбросы) и к типу обработки (например, будет ли вероятность выбросов оксидов азота). В табл. 3.159 и 3.160 указаны некоторые приемы мониторинга, применяемые в ряде стран ЕС.

Таблица 2.159 ПРИЕМЫ МОНИТОРИНГА, ПРИМЕНЯЕМЫЕ НА УСТАНОВКАХ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ОТХОДОВ В ЕС

Соединения или параметры для мониторинга	Цель и (или) типичная частота мониторинга
Переменные процесса	
Эффективность процесса переработки в целом. Осаждение металлов из раствора для удаления в фильтрате. Степень перехода между поступающими отходами и выбросами (в воздух, твердыми отходами и сточными водами в канализацию, например, пестицидов или растворителей)	Непрерывный
Мониторинг реакции (кислотной/щелочной/нейтрализации) для обеспечения того, чтобы реакция шла под контролем и доходила до ожидаемого результата)	Непрерывный и автоматический мониторинг pH и температуры
Переработка цианидов, pH должна поддерживаться более 10	Непрерывный мониторинг pH и непрерывный мониторинг окислительно-восстановительного потенциала
Переработка фенольных растворов. Мониторинг реакции	Мониторинг температуры процесса, pH и окислительно-восстановительного потенциала в непрерывном режиме
Переработка отработанных масел. Температура в нагреваемом сосуде и на выходе из конденсатора <90°C	Непрерывный мониторинг и регистрация

Соединения или параметры для мониторинга	Цель и (или) типичная частота мониторинга
Стабилизация	Обеспечение выполнения заявленных технических условий продукта (для каждой партии)
Использование пресной воды для всей установки и в индивидуальных точках использования	Обычный непрерывный мониторинг и регистрация
Потребление энергии установкой и в индивидуальных местах	Обычный непрерывный мониторинг и регистрация
Выбросы в воздух	
Выбросы из точечных источников, например, скрубберов, сосудов для смешивания, сосудов для хранения, дробилок бочек, выпускных отверстий из систем экстракции, биофильтров, например, общий углерод и определенных видов ЛОС	От ежедневного до еженедельного – в рамках представительного набора эксплуатационных условий
Переработка отработанных масел – нагреваемые сосуды, приемные емкости для нагретого масла и установки для фильтрации	Еженедельно – в рамках представительного набора эксплуатационных условий
Технологические емкости с маслом и выход из конденсатора	Непрерывный мониторинг температуры
Выбросы от сжигания	Ежеквартально или менее часто проверка в дымовой трубе на содержание CO, NOx и, возможно, SOx, твердых частиц в зависимости от процесса
Неорганизованные выбросы: мониторинг за границами участка для определения выбросов, например, от мест для хранения бочек, общего углерода и определенных видов ЛОС	Еженедельно – в рамках представительного набора эксплуатационных условий через соответствующие интервалы времени
Запах	Еженедельно, а также динамическая одориметрия через соответствующие интервалы времени
Шум	Обычно только, если требуется регулирующим органом, или если имеется возможность негативных воздействий для населения. Обычно это принимает форму одноразового обследования
Дихлорметан	Большинство участков, на которых ожидается получение растворителей для очистки, должны проводить мониторинг этого соединения
Сбросы в воду	
АОХ	
ВТЕХ	
ХПК/БПК	Взвешенная проба или смешанные пробы, еженедельный анализ, отчетность по взвешенным среднемесячным
Растворенный кислород	Непрерывный
Расход	Непрерывный и интегрированный расход. Для смешанных проб обычно используются пропорциональные пробоотборные устройства. Они могут быть также дополнены единичными пробами на наливных танках, готовых к разгрузке

Соединения или параметры для мониторинга	Цель и (или) типичная частота мониторинга
Металлы	Ежедневно, дважды в неделю, еженедельно или ежемесячно в зависимости от процесса. В некоторых странах это зависит от расхода стоков (например, <10 м <sup>3</sup> /день, <100 м <sup>3</sup> /день, >10 м <sup>3</sup> /день)
Азот	Ежедневно, дважды в неделю, еженедельно или ежемесячно в зависимости от процесса. В некоторых странах это зависит от расхода стоков (например, <10 м <sup>3</sup> /день, <100 м <sup>3</sup> /день, >10 м <sup>3</sup> /день)
Запах	
РАН	
pH	Непрерывный
Фенолы	
Фосфор	Ежедневно, дважды в неделю, еженедельно или ежемесячно в зависимости от процесса. В некоторых странах это зависит от расхода стоков (например, <10 м <sup>3</sup> /день, <100 м <sup>3</sup> /день, >10 м <sup>3</sup> /день)
Взвешенные твердые частицы	Непрерывный
Температура	Непрерывный
ТОС	Непрерывный. Этот параметр обычно контролировать легче, чем ХПК или БПК, когда в воде выделяется хлор
Мутность	Непрерывный
Выбросы от отходов	
Количество	Эти данные сообщаются, по крайней мере, ежегодно ответственным органам

**Таблица 2.160 ПРАКТИКИ МОНИТОРИНГА ДЛЯ НЕКОТОРЫХ ПРОЦЕССОВ ОБРАЩЕНИЯ С ОТХОДАМИ, ИСПОЛЪЗУЕМЫХ В СТРАНАХ ЕС**

Сектор обращения с отходами	Практика мониторинга
Химические установки	Участки, на которых имеются широкомасштабные системы подавления газообразных выбросов, с малой вероятностью подвергаются регулярному мониторингу отходящих газов. Обычная программа мониторинга связана с ежеквартальным анализом продуктов сгорания в дымовой трубе, однако, крайне маловероятно совпадение с любыми пиками в уровне выбросов определенных видов
Перегрузочные станции, процессы складирования и хранения	Имеются простые формулы для оценки сбросов ЛОС при наполнении емкостей для хранения, сливе жидкостей в емкости, дренаже жидкостей из контейнеров и промывке емкостей, бочек или цистерн. Важнейшие данные будут зависеть от активности заинтересованных лиц, но обычно они будут связаны с такой информацией, как количество цистерн/бочек/контейнеров, их размеры и состав потока отходов. Так как происхождение отходов связано обычно с рядом различных источников, и они обычно бывают смешанными, данные, относящиеся к составу потока отходов, вероятно, трудно точно определить для операторов, а подробная регистрация обычно не ведется. Без этих данных необходимо, чтобы расчеты выбросов были основаны на основных составляющих отходов или на источнике отходов. Имеется четыре типа способов для оценки выбросов: отбор проб или непосредственное измерение; массовый баланс; анализ топлива или другие технические расчеты; любые коэффициенты выбросов (см. BREF Мониторинг)

Сектор обращения с отходами	Практика мониторинга
Установка для переработки масел	В Соединенном Королевстве был разработан план компьютерной модели для расчета выбросов на основании информации о тоннаже на входе и количестве и содержании масла в сбросах в канализацию или на полигон. Модель требует корректировки для получения ответов, которые должны быть совместимыми с техническими условиями для остаточных котельных топлив, используемых на электростанциях, и известного содержания остатков в сбросах в канализацию и осадках на полигоне. Компьютерная модель не дает оценки общего азота, фосфора, хлоридов или ХПК в канализации, и их следует рассчитывать по данным мониторинга, когда таковые имеются.
Переработка отработанных масел	Выбросы в воздух более сложны для расчета, и необходимо знание о поступающих отходах, так как выбросы меньше определены и поведение масел, подвергающихся различным видам переработки, не ясно.
Отработанные растворители	Тщательные ежедневные режимы отбора проб на дренажных трубопроводах и биофильтрах (когда они применяются) на ТОС. Проводится также анализ химических соединений раз в две недели для серии процессов и в местах мониторинга за периметром ограждения.

Практики мониторинга на установках для физико-химической очистки сточных вод. Мониторинг при физико-химической очистке сточных вод охватывает:

- стоки, содержащие фосфор: не на всех участках требуется регулярный мониторинг на общий фосфор, так что может быть легче провести оценку этих сбросов по входу фосфорной кислоты;
- случайные неорганические стоки: например, стоки, содержащие мышьяк. И снова легче рассчитать ежегодные сбросы от случайных поступающих стоков, чем расширять программу мониторинга.

Выбросы в воздух являются хорошо контролируемым видом воздействия установок для физико-химической переработки.

Основные выбросы в воздух могут быть выявлены на основании данных мониторинга, но неорганизованные выбросы необходимо оценивать, так как имеется возможность выбросов органических загрязняющих веществ.

Почти на всех участках для физико-химической обработки имеется сложный набор условий, относящихся к сбросам в воду. В частности, регулируется отбор проб и частота мониторинга, периодичность проверки допустимого максимального суточного, недельного или месячного содержания различных видов загрязняющих веществ в стоке. Это требует мониторинга, пропорционального расходу стока, или мониторинга каждой партии перед сбросом определенного объема. Для любой системы даются данные для расчета годовых сбросов по ряду основных параметров. Проблема оценки сбросов в воду ограничивается теми параметрами, которые характерны для определенного потока стоков. Некоторые неорганические виды загрязнителей, такие как мышьяк, вероятно, можно оценить по данным поступления на участок, так как обработка стоков, загрязненных этими компонентами, обычно относится к эпизодической деятельности.

Экологический мониторинг и практика отбора проб, применяемые для подготовки топлива из опасных отходов. Больше информации об отборе проб име-

ется в Разделе 1.1.1. Для каждого типа отходов необходим специальный протокол отбора проб, основанный на физико-химических свойствах отходов.

Отбор проб индивидуальных поставок отходов. Жидкости из автоцистерн (т.е. растворители, отработанные масла)

Пробы отбираются с помощью трубчатого пробоотборника длиной 2,5 м из каждого отделения грузовика или контейнера (около 1-2 л каждый). Трубчатый пробоотборник должен промываться жидкостью перед отбором проб. Пробоотборник медленно вводится до дна емкости с клапаном со стороны дна. После закрытия клапана пробоотборник поднимается, и жидкость сливается в алюминиевую банку.

Пробы объединяются и после гомогенизации (перемешивания) вливаются в пластиковую бутылку объемом около 0,5 л и направляются в лабораторию для анализа. Пробоотборник должен чиститься после каждой серии проб для того, чтобы избежать загрязнения следующей пробы.

Пластиковая бутылка должна тщательно маркироваться с идентификацией пробы, даты и т.д.

Насыпные твердые отходы (например, из открытых контейнеров). 6-8 проб весом около 0,5-1 кг каждая отбираются с помощью фракционной отборки лопатой из различных частей и уровней контейнера. Пробы объединяются, вручную гомогенизируются и разделяются на четверти. Конечная проба около 1 кг (пластиковая бутылка или мешок) соответствующим образом маркируется и передается в лабораторию.

Фракционная отборка лопатой сопровождается чисткой лопаты обтирочной тряпкой после отбора серии проб. Тряпки удаляются в отдельный контейнер для отходов.

- Бочки (200-литровые). В зависимости от природы отходов (жидкие, пастообразные или твердые) пробы отбираются либо с помощью короткого трубчатого пробоотборника, алюминиевой лопатой или ложкой из каждой бочки (около 0,125 л каждая проба). Одна проба объемом около 1 л на каждые 8 бочек объединяется и гомогенизируется. Одна конечная проба объемом около 1 л смешивается и гомогенизируется от каждой индивидуальной партии из восьми бочек и передается в лабораторию. Остающееся количество проб возвращается в выбранную бочку для размещения.

- Бочки с жидкими и пастообразными материалами находящимися вместе в одной партии должны подвергаться разделному отбору проб.

Подготовленная проба должна тщательно маркироваться.

- Банки (небольшого объема). Должен проводиться представительный и случайный отбор проб каждой нагрузки. Процедуры отбора проб соответствующих процедур, применяемым для отбора проб из бочек.

- Смешанные и гомогенизированные пробы объемом около 1 л каждая для каждого физического состояния (жидкого, пастообразного, твердого) передаются в лабораторию. Несколько единичных проб должны храниться для сравнения.

Вследствие внутренних проблем в отборе проб гетерогенных отходов из большого количества контейнеров небольшого объема рекомендуется добавлять вторичную (автоматизированную) станцию отбора проб перед аппаратом предварительного смешивания на установке для смешивания.

При получении в лаборатории все пробы регистрируются в специальном приемном регистрационном журнале.

Хранение проб. Пробы должны оставаться в тщательно маркированных и герметичных бутылках в отдельном помещении для хранения, ближе к лаборатории. Помещение для хранения должно быть оснащено адекватной вентиляцией воздуха, устройством для контроля температуры/влажности и систем фильтрации отработанного воздуха (активированный уголь) снаружи.

Длительность хранения проб (если иное не определено в разрешении на проведение операции):

- около 3 лет для сравнительных проб от испытаний на определение характеристик отходов
- около 3 месяцев для проб ежедневной поставки
- около 3 месяцев для конечного продукта или отправляемых проб.

**Таблица 2.161 ПРимеры параметров и принципов анализа, используемых при отборе проб**

Параметры	Примеры принципов анализа
Плотность	Взвешивание
Вязкость	Вискозиметр
Температура воспламенения	Прибор открытого или закрытого типа
LHV (низшая теплотворная способность)	Калориметры
Влагосодержание	Титрование по методу Карла Фишера
pH	pH-метры
Содержание золы	Обжиг при 900-975оС
Хлор	Обжиг/титрометрический анализ, ионная хроматография
Фтор	Обжиг/потенциометрия, ионная хроматография
Бром	Обжиг/титрометрический анализ, ионная хроматография
Иод	Обжиг/титрометрический анализ, ионная хроматография
Тяжелые металлы	ICP (индуктивно связанная плазма), флуоресценция
PCB	GC/ECD (газовая хроматография, электронозахватный детектор)
PCP	GC/ECD
Сера	ICP, флуоресценция, ионная хроматография, колориметрия
Щелочи	ICP, флуоресценция, атомная абсорбция
Тест на совместимость	Функция принимаемых отходов

Одной из важнейших мер является экологический мониторинг, проводимый с помощью отбора проб в окружающей среде и проверка на наличие опасных веществ, которые могут выделяться на объекте. Целью является определение потенциальных проблем перед тем, как будет оказываться воздействие на здоровье человека и окружающую среду. Раннее определение должно дать достаточно времени для адекватного предупреждения о потенциальном воздействии на индивидуальных лиц и позволить эффективно использовать лечебные средства. Важными пунктами мониторинга являются водозаборные скважины для хранения, объекты для размещения на земле и станции мониторинга воздуха в критических местах около объекта. Мониторинг может также включать в себя поверхностные воды, работающих (например, пробы крови) и флору и фауну.

#### **Мониторинг выбросов в воздух.**

**Мониторинг пыли** (для всех типов замещаемого топлива):

- направленные выбросы: один контроль в год проводится сертифицированной лабораторией;
- системы очистки воздуха: контроль эффективности циклона и рукавных фильтров с помощью определения падения давления или коэффициента непрозрачности;
- диффузные выбросы пыли можно оценивать с помощью измерений датчиками пыли Оуэна, установленными на участке.

315

#### **Мониторинг ЛОС:**

- запах: стандартизованные испытания для определения запаха (например, EN 13725; эталонное значение европейской единицы запаха, EROM) можно использовать для идентификации влияния процесса на соседей и на рабочую среду. Можно также сделать пробоотборные мешки для качественного и количественного определения загрязняющих веществ в лаборатории;
- диффузные выбросы: диффузные выбросы измеряются внутри и снаружи цехов с помощью отбора проб. Можно проводить количественные и качественные анализы;
- направленные измерения: ЛОС измеряются либо непрерывно с помощью системы FID<sup>47</sup>, либо в рамках серии разовых измерений. Эти условия определяются в разрешении.
- 

**Мониторинг шума.** Вследствие относительно низкого уровня шума обычно не требуется специального мониторинга. Но можно принимать меры в отношении здоровья и безопасности рабочих, в частности, проводить оценку воздействия на окружающую среду при вводе в эксплуатацию нового оборудования.

<sup>47</sup>Пламенный ионизационный детектор.



МИНИСТЕРСТВО ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ЭКОЛОГИИ РОССИИ

**СПРАВОЧНИК  
НАИЛУЧШИХ ДОСТУПНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ  
ПО ОБРАЩЕНИЮ С ОТХОДАМИ**

Некоммерческое партнерство  
«ЦЕНТР ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СЕРТИФИКАЦИИ –  
ЗЕЛЕННЫЕ СТАНДАРТЫ»

Москва, 2011



## Содержание

<b>3. Наилучшие доступные технологии для обращения с отходами. Способы и технологии .....</b>	<b>9</b>
3.1 Технологии, рассматриваемые при определении НДТ .....	9
3.1.1 Обычные технологии, рассматриваемые при определении НДТ .....	11
3.1.1.1 Определение характеристик состава отходов.....	11
3.1.1.2. Процедура предварительной приемки для оценки того, пригодны ли отходы для хранения и (или) переработки на установке .....	16
3.1.1.3. Процедуры соответствия при приемке отходов на установки для обращения с ними.....	20
3.1.1.4 Отбор проб .....	24
3.1.1.5. Приемные устройства .....	27
3.1.2. Системы управления .....	31
3.1.2.1. Способы для определения типа переработки отходов, применяемых для каждого типа отходов .....	31
3.1.2.2. Гарантированная поставка отходов .....	32
3.1.2.3. Способы повышения возможности контроля движения отходов .....	33
3.1.2.4 Повышение эффективности переработки отходов.....	36
3.1.2.5. Способы управления .....	37
3.1.2.6. Идентификация экономики масштаба и синергии.....	38
3.1.2.7 Предоставление полных подробностей о проводимой деятельности .....	39
3.1.2.8. Инструменты управления качеством окружающей среды .....	41
3.1.2.9 Содействие надлежащему сотрудничеству между производителем и владельцем отходов .....	50
3.1.2.10 Использование квалифицированного персонала на объектах .....	51
3.1.3 Управление коммунальными услугами и сырьем .....	52
3.1.3.1 Распределение потребления и генерации энергии по источникам .....	52
3.1.3.2 Использование (экологически) чистых топлив.....	53
3.1.3.3 Использование отходов в качестве топлива.....	54
3.1.3.4 Меры для повышения эффективности использования энергии.....	55
3.1.3.5 Выбор сырья .....	58
3.1.3.6 Способы снижения водопотребления и предотвращения загрязнения воды.....	60
3.1.4 Хранение и манипулирование .....	63
3.1.4.1 Обычные способы, применяемые для хранения отходов .....	64
3.1.4.2. Способы хранения барабанов и других контейнеризованных отходов .....	67
3.1.4.3 Способы для улучшения обслуживания при хранении .....	69
3.1.4.4 Обваловка для хранения жидкостей.....	70
3.1.4.5 Ограничение использование емкостей с открытой крышкой, сосудов или ям .....	71
3.1.4.6 Общие способы, применяемые для манипуляций с отходами .....	71
3.1.4.7 Манипуляции с твердыми отходами .....	74
3.1.4.8 Деятельность по манипулированию, связанная с перемещением из бочек и контейнеров.....	75

3.1.4.9 Автоматическая разгрузка бочек.....	76
3.1.4.10 Способы для улучшения управления запасами при хранении .....	77
3.1.4.11 Компьютерное управление в зонах многоярусного хранения опасных отходов ..	79
3.1.4.12 Маркировка резервуаров и технологической обвязки.....	80
3.1.4.13 Проведение тестов на совместимость перед перемещением.....	81
3.1.4.14 Раздельное хранение .....	84
3.1.5 Проверка на разделение и совместимость.....	85
3.1.6 Способы для улучшения экологической ситуации с помощью обычных методов.....	90
3.1.6.1 Способы для снижения выбросов от деятельности при дроблении и измельчении бочек.....	90
3.1.6.2 Способы снижения выбросов от процессов промывки.....	92
3.1.7 Способы для предотвращения аварий и их последствий .....	93
3.1.8 Способы для снижения шума и вибрации .....	98
3.1.9 Способы вывода из эксплуатации.....	99
3.2 Способы, рассматриваемые при биологической обработке .....	100
3.2.1 Выбор соответствующей биологической обработки .....	100
3.2.2 Специальные способы хранения и манипулирования для биологической обработки .....	102
3.2.3 Выбор исходного сырья для биологических систем.....	105
3.2.4 Обычные способы для анаэробного сбраживания .....	106
3.2.5 Увеличение времени пребывания в процессах анаэробного сбраживания ...	109
3.2.6 Способы снижения выбросов при использовании биогаза в качестве топлива .....	109
3.2.7 Повышение эффективности использования энергии электрических генераторов и систем анаэробного сбраживания.....	111
3.2.8 Способы улучшения механико-биологической обработки.....	112
3.2.9 Аэробное разложение суспензий.....	116
3.2.10 Контроль аэрации при биологическом разложении .....	117
3.2.11 Управление отработанными газами в МВТ.....	118
3.2.12 Способы уменьшения выбросов для биологической обработки .....	120
3.3 Способы физико-химической обработки .....	120
3.3.1 Способы, используемые на установках для физико-химической очистки сточных вод.....	121
33.1.1 Планирование работы установок для физико-химической переработки....	121
33.1.2 Технологии для физико-химических реакторов.....	122
3.3.1.3 Нейтрализация .....	124
3.3.1.4 Осаждение металлов.....	125
3.3.1.5 Разрушение эмульсии .....	128
3.3.1.6 Окисление/восстановление.....	129
3.3.1.7 Технологии обработки отходов, содержащих цианиды .....	130
3.3.1.8 Технологии обработки отходов, содержащих соединения шестивалентного хлора.....	131

3.3.1.9	Технологии очистки сточных вод, загрязненных нитритами .....	131
3.3.1.10	Обработка фенольных растворов с помощью окисления .....	132
3.3.1.11	Технологии для отходов, содержащих аммиак .....	132
3.3.1.12	Фильтрация .....	133
3.3.1.13	Флотация.....	134
3.3.1.14	Ионообменные процессы.....	134
3.3.1.15	Ультрафильтрация через полупроницаемую мембрану .....	135
3.3.1.16	Осаждение.....	137
3.3.1.17	Просеивание .....	138
3.3.1.18	Экстрагирование растворителем .....	139
3.3.1.19	Технологии очистки сточных вод, содержащих драгоценные металлы ...	140
3.3.1.20	Технология очистки морских сточных вод.....	141
3.3.1.21	Способы снижения выбросов, применяемые на установках для физико-химической переработки .....	143
3.3.2	Способы физико-химической переработки твердых отходов и осадков.....	145
3.3.2.1	Предварительная обработка перед иммобилизацией.....	145
3.3.2.2	Лабораторная деятельность .....	146
3.3.2.3	Иммобилизация .....	148
3.3.2.4	Цементирование.....	152
3.3.2.5	Использование других реагентов в процессе иммобилизации.....	155
3.3.2.6	Стабилизация фосфатами .....	157
3.3.2.7	Термическая переработка твердых отходов .....	158
3.3.2.8	Утилизация солей с помощью растворения/испарения .....	160
3.3.2.9	Экстрагирование кислотой .....	162
3.3.2.10	Извлечение грунта и удаление загрязненной почвы .....	164
3.3.2.11	Термодесорбция почвы.....	164
3.3.2.12	Экстракция паром.....	167
3.3.2.13	Промывка почвы.....	167
3.3.2.14	Экстрагирование растворителем .....	169
3.3.2.15	Испарение .....	169
3.3.2.16	Очистка и рециклинг отходов очистки дымовых газов.....	171
3.3.3	Физико-химическая переработка специальных отходов.....	173
3.3.3.1	Переработка масел, загрязненных РСВ.....	173
3.3.3.2	Термохимическая конверсия отходов асбеста.....	173
3.3.3.3	Переработка отходов, содержащих ртуть.....	175
3.4	Технологии, рассматриваемые при переработке, применяемой главным образом для утилизации материалов из отходов .....	177
3.4.1	Отработанные масла .....	177
3.4.1.1	Общие технологии для повышения выхода при регенерации.....	177
3.4.1.2	Выбор отработанных масел для регенерации .....	178
3.4.1.3	Процесс дистилляции/очистки глиной.....	179
3.4.1.4	Дистилляция и химическая переработка или экстрагирование растворителем .....	180

3.4.1.5	Процесс экстрагирования растворителем и дистилляции.....	180
3.4.1.6	Пленочный испаритель и различные финишные процессы.....	181
3.4.1.7	Термический процесс деасфальтизации .....	182
3.4.1.8	Рециклинг при очистке смазочных масел.....	183
3.4.1.9	Гидрообработка.....	183
3.4.1.10	Процесс гидрирования с непосредственным контактом .....	185
3.4.1.11	Экстрагирование растворителем .....	185
3.4.1.12	Обработка едким натрием и отбеливающей глиной.....	186
3.4.1.13	Обработка на нефтеперегонном заводе .....	186
3.4.1.14	Регулирование водного режима на установках для регенерации отработанных масел.....	188
3.4.1.15	Обращение с отходами на установках для регенерации отработанных масел....	193
3.4.2	Отработанные растворители.....	193
3.4.2.1	Выбор отработанных растворителей для рециклинга .....	193
3.4.2.2	Усовершенствование обработки отработанных растворителей с помощью регенерации.....	194
3.4.2.3	Очистка сточных вод на установках с отработанными растворителями....	195
3.4.2.4	Испарение остатков дистилляции .....	197
3.4.2.5	Полная автоматизация сжигания остатков .....	197
3.4.3	Отработанные катализаторы .....	198
3.4.3.1	Общие способы, используемые при переработке отработанных катализаторов .....	198
3.4.3.2	Повышение управляемости процессом.....	199
3.4.3.3	Способы борьбы с загрязнениями, используемые в секторе регенерации отработанных катализаторов.....	200
3.4.4	Активированный уголь .....	200
3.4.4.1	Выбор печи, используемой для регенерации отработанного активированного угля .....	200
3.4.4.2	Очистка дымовых газов.....	202
3.4.4.3	Установки для очистки сточных вод.....	204
3.4.4.4	Способы контроля загрязнений, применимые для регенерации активированного угля .....	205
3.4.5	Регенерация смол.....	206
3.4.5.1	Способы регенерации смол .....	206
3.4.5.2	Способы контроля загрязнений, применимые для активированного угля и для регенерации смол .....	206
3.5	Способы, рассматриваемые для подготовки отходов, используемых в качестве топлива.....	206
3.5.1	Повышение знаний о подготовке топлива из твердых отходов.....	207
3.5.2	Подготовка различных типов топлива из отходов.....	208
3.5.3	Способы приготовления топлива из твердых отходов .....	209
3.5.3.1	Выбор способов, используемых для приготовления топлива из твердых отходов.....	209

3.5.3.2 Сушка топлива из твердых отходов .....	210
3.5.3.3 Магнитная сепарация черных металлов.....	211
3.5.3.4 Сепарация цветных металлов.....	213
3.5.3.5 Сепарация всех металлов.....	214
3.5.3.6 Положительная и отрицательная сортировка.....	214
3.5.3.7 Использование пневматических систем для уменьшения размеров.....	215
3.5.3.8 Барабанный грохот.....	216
3.5.3.9 Усовершенствование пылевых фильтров в циклонах воздушных сепараторов....	217
3.5.3.10 Спектроскопия в ближней инфракрасной области.....	217
3.5.3.11 Автоматизированный отбор .....	219
3.5.3.12 Гранулирование и брикетирование.....	219
3.5.3.13 Криогенное измельчение .....	220
3.5.4 Способы приготовления жидкого топлива из отходов.....	221
3.5.4.1 Общие способы приготовления жидкого топлива из отходов.....	221
3.5.4.2 Термический крекинг отработанных масел.....	222
3.5.4.3 Ультрафильтрация через полупроницаемую мембрану как умеренный вид переработки отработанных масел .....	224
3.5.5 Приготовление газообразного топлива из отходов.....	224
3.5.6 Способы предотвращения и подавления выбросов, применяемые при приго- товлении топлива из опасных отходов .....	225
3.6 Очистка отходящих газов.....	226
3.6.1 Различные способы предотвращения.....	226
3.6.2 Программа детектирования и устранения утечек .....	229
3.6.3 Циклоны.....	230
3.6.4 Электростатические пылеуловители (ESP).....	231
3.6.5 Рукавные фильтры .....	231
3.6.6 Пластинчатые сепараторы .....	233
3.6.7 Адсорбция.....	233
3.6.8 Конденсация .....	237
3.6.9 Временные и долговременные вспененные материалы.....	239
3.6.10 Биофильтры.....	240
3.6.11 Мокрая газоочистка.....	248
3.6.12 Химическая газоочистка .....	251
3.6.13 Окислительные процессы низкой интенсивности.....	251
3.6.14 Сжигание .....	252
3.6.15 Комбинированное сжигание.....	254
3.6.16 Каталитическое сжигание.....	255
3.6.17 Регенеративный каталитический окислитель.....	258
3.6.18 Регенеративный каталитический окислитель.....	259
3.6.19 Окислительная обработка .....	262
3.6.20 Нетермическая плазменная обработка .....	263
3.6.21 Способы подавления выбросов оксидов азота.....	263
3.6.22 Способы уменьшения запахов .....	264

3.6.23 Уменьшение запахов на установках для биологической обработки.....	265
3.6.24 Некоторые примеры очистки отходящих газов, применяемые для различных видов обращения с отходами.....	267
3.6.25 Некоторые примеры комбинированной очистки отработанного воздуха...	268
3.6.26 Некоторые примеры сравнения способов подавления выбросов, применяемых при приготовлении топлива из опасных отходов .....	269
3.7 Удаление и очистка сточных вод.....	269
3.7.1 Удаление и очистка сточных вод в секторе обращения с отходами .....	270
3.7.2 Параметры, рассматриваемые перед смешиванием сточных вод .....	274
3.7.3 Первичная очистка сточных вод.....	275
3.7.4 Вторичная очистка сточных вод.....	276
3.7.5 Третичная очистка сточных вод.....	278
3.7.6 Окончательная очистка сточных вод.....	279
3.7.6.1 Испарение.....	281
3.7.6.2 Адсорбция .....	282
3.7.6.3 Ультрафильтрация через полупроницаемую мембрану .....	283
3.7.7 Компоненты отчетности в стоках, образующихся на установках по обращению с отходами.....	288
3.7.8 Примеры некоторых установок для очистки сточных вод в секторе .....	291
3.8 Управление остатками .....	291
3.8.1 План управления отходами .....	292
3.8.2 Способы предотвращения загрязнения почвы.....	294
3.8.3 Способы снижения накапливания остатков в установке .....	296
3.8.4 Содействие внешнему обмену остатками.....	297

# 3 Наилучшие доступные технологии для обращения с отходами. Способы и технологии

## 3.1 Технологии, рассматриваемые при определении НДТ

В этой главе изложены технологии, рассматриваемые обычно как обладающие возможностью достижения высокого уровня защиты окружающей среды в промышленности в области действия этого документа. Включены системы управления, технологии, интегрированные в технологический процесс и технологии в конце производственного цикла, но существует определенное перекрытие между этими тремя областями, когда существует стремление к оптимальному результату.

Рассмотрены процедуры предотвращения (образования отходов), контроля, минимизации и рециклинга, а также повторное использование материалов и энергии.

Технологии можно представить просто, либо как комбинации для достижения целей ИРПС. В Приложении IV к этой Директиве перечислен ряд общих соображений, которые необходимо учитывать при определении НДТ. Технологии, приведенные в этой главе, относятся к одному или нескольким из этих соображений. Насколько это возможно, используется стандартная структура для изложения каждой технологии, позволяющая сравнивать технологии в целях оценки для определения НДТ, приводимой в Директиве.

Содержание этой главы не является исчерпывающим перечнем технологий. Могут существовать или быть разработаны другие технологии, которые в равной степени могут являться состоятельными в рамках НДТ.

Обычно используется стандартная структура для изложения каждой технологии, как показано в табл. 3.1.

Таблица 3.1 ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ КАЖДОЙ ТЕХНОЛОГИИ, ВКЛЮЧЕННОЙ В ГЛАВУ 4

Наименование типа информации	Тип включенной информации
Описание	Техническое описание технологии
Достижимый положительный эффект	Технологии должны быть направлены на снижение воздействия на окружающую среду (процесс или борьба с загрязнением, включая выбросы) и эффективность работы. Положительный эффект для окружающей среды от этой применения технологии в сравнении с другими способами.
Воздействие на окружающую среду	Любые побочные негативные воздействия на другие элементы окружающей среды, вызываемые использованием выбранной технологии. Экологические проблемы, возникающие при использовании технологии, в сравнении с другими способами и предотвращение или решение их
Эксплуатационные особенности	Рабочие характеристики, связанные с выбросами/отходами и затратами (сырье, вода и энергия). Любая другая полезная информация о том, как работает, обслуживается и контролируется технология, включая аспекты безопасности и ограничения работоспособности технологии

Наименование типа информации	Тип включенной информации
Применимость	Технико-экономическая применимость. Учет возраста установки (новая или существующая), размер установки (большая или маленькая) и факторы, связанные с модернизацией (например, наличие места). Включается также информация о том, какая деятельность по обращению с отходами применяется в каждом случае
Экономика	Информация о затратах (инвестиционных и эксплуатационных) и любой экономии (например, сокращение потребления сырья, платежи за отходы), относящихся к возможностям технологии (например, евро/тонну). (Значения в валютах, отличающихся от евро, были переведены в соответствии со среднегодовыми переводными коэффициентами за 2002 г. для евро. В таких случаях включены также исходные данные по затратам вместе с голом и валютой)
Ограничения в применении	Местные условия или требования, которые должны приводить к использованию той или иной технологии. Информация об иных, чем экологические, причинах для применения выбранной технологии (например, повышение качества продуктов, повышение производительности)
Примеры установок	Ссылка на установки, работающие по данной технологии в Европе и в остальном мире. Если технология еще не была применена в секторе или в ЕС, необходимо краткое объяснение, почему это не произошло
Справочная литература	Литературный источник для более подробной информации о технологии

В этой главе приводится информация о реальной деятельности, которая может быть или была применена в этом секторе, включая соответствующие затраты. По возможности представленная информация дает описание ситуации, когда эта технология может быть эффективно использована.

### **Структура главы**

Как и в предыдущих Главах 2 и 3, каждый раздел этой главы относится к деятельности по обращению с определенным видом отходов, и в нем содержится описание процесса и способы борьбы с загрязнениями, которые стоит рассматривать при определении НДТ. Если для одного вида деятельности могут применяться различные технологии, они обсуждаются в каждом разделе. Подразделы 3.1-3.5 в этой главе были структурированы таким же самым образом, т.е. сначала в подразделе речь идет о технологиях предотвращения загрязнений, применимых в определенном процессе/деятельности со ссылкой на раздел, а, во-вторых, о технологиях «у конца трубы» (применительно к выбросам), которые можно применить для снижения выбросов, связанных с процессом/деятельностью. Эти технологии «у конца трубы (ЕОР)» сгруппированы на основе «среда/загрязняющие вещества» для понимания последовательности применяемых способов, так как в некоторых случаях может применяться несколько технологий ЕОР. Такое структурирование не следует интерпретировать, как любую попытку дать указания в случае, если обращение с отходами подпадает под (R) утилизацию или (D) размещение в рамках законодательства ЕС по отходам.

В конце этой главы имеется три раздела, в которых содержатся технологии «у конца трубы (ЕОР)», применимые к отходящим газам, сточным водам и отходам, образующимся при данных процессах. В этом разделе описаны «обычные» технологии ЕОР, которые можно применить более чем к одному типу про-

цессов/деятельности. Поэтому, описания этих ЕОР находятся в собственных подразделах, например, 4.6, 4.7 и 4.8, а не в отдельных подразделах по видам деятельности/процессам.

В некоторых случаях технологии/процедуры группируются вместе и анализируются под тем же самым заголовком в этой главе. Это результат разумного баланса между необходимой информацией для определения НДТ и поддержанием этого документа в форме, приемлемой для пользователя. Например, в этом документе содержится много информации о приемлемых процедурах, применяемых для установок обращения с отходами. Поэтому было принято решение включить все эти вместе взятые процедуры под тем же самым заголовком, а также все вопросы, относящиеся к данной теме. Если бы не применялся этот подход, документ был бы намного больше, и содержал много повторений.

### ***3.1.1 Обычные технологии, рассматриваемые при определении НДТ***

В этом разделе рассмотрены те технологии, которые помогают оператору определить характеристики отходов, поступающих на переработку. Точность, с которой определяются эти характеристики, является важной для последующих операций по обращению с отходами. Неудачи в адекватной проверке проб отходов перед приемом и в подтверждении их состава по прибытии на установку на практике приводили к последующим проблемам, включая несоответствующее хранение и смешивание несовместимых веществ, накопление отходов и непредвиденную переработку, и, следовательно, непредвиденное распределение выбросов.

#### ***3.1.1.1 Определение характеристик состава отходов***

##### **Описание**

Переменная природа отходов, образующихся в каждом секторе экономики, приводит к увеличению их разнообразия и постоянному изменению уже существующих.

Отходы состоят из сложных смесей иногда неизвестных составляющих. По этой причине важно обладать более надежными знаниями об основных составляющих отходов, а также источниках отходов. Помимо непосредственного способа определения состава отходов, например, с помощью анализа отходов, имеются другие косвенные подходы, которые можно применять, включая:

- анализ данных исследований рынка. Этот способ базируется на продукции после производства на основании того, что всякая продукция рано или поздно станет отходом.

С учетом этого и иных факторов становится возможным расчет количества продукции, которая заканчивает свою жизнь как, например, ТБО. Подобный метод можно также применять при изучении отходов в частных домовладениях;

- анализ результатов обращения с отходами. В соответствии с принципом баланса масс сумма масс элементов, поступающих на вход системы, равна сумме масс элементов, являющихся результатом процесса. Учитывая продукты, по-

лучаемые в результате процессов обращения с отходами, появляется возможность определить состав поступающих отходов на основании проведения обычных измерений;

- в дополнение к этому, стоит отметить, что имеются также некоторые отходы, которые состоят из смеси отходов, смешанных в источнике происхождения. Обычно производитель отходов должен знать состав этого потока отходов. Если производитель отходов применяет надлежащую систему обращения с отходами, он должен проинформировать сборщика отходов о составе отходов. Это важно, так как классификация и идентификация отходов не должна вначале отдаваться на откуп сборщику отходов, а должна быть в основном ответственностью производителя отходов. Эта система связана с тем, о чем упоминается в Разделе 4.1.2.9.

Методы косвенного анализа для определения состава отходов можно применять дополнительно к методу непосредственного анализа. Некоторые из практически применяемых способов рассматриваются в табл. 3.2.

**Таблица 3.2 СПОСОБЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК СОСТАВА ОТХОДОВ**

Способ	Информация
Идентификация основных составляющих отходов	Когда известны основные составляющие потока отходов, имеется возможность разбить их на категории, как имеющие "высокий", "средний" и "низкий" потенциал выбросов. Примером этого может быть основа оценки летучести составляющих элементов, как отмечено производителем отходов
Идентификация источника отходов	Знания об источнике отходов (например, лакокрасочная, фармацевтическая, автомобильная промышленность и т.д.) является верным признаком типа компонентов, которые могут находиться в отходах. Это дает возможность принять более простой метод для определения категории отходов. В Европейском перечне отходов используется эта система. Однако имеющиеся данные обычно бывают недостаточными для возможности разработки этого метода в настоящее время. Необходимо провести дополнительные исследования для определения самых распространенных источников отходов, их состава и согласованности этого состава.
Сведения об органическом содержании отходов	Некоторые колориметрические методы, например, могут дать сведения об органическом содержании поступающих отходов. Однако они могут не годиться для органических растворителей (в таких случаях более подходящей является газовая хроматография)
Обеспечение адекватной передачи информации между владельцами отходов	Как и с другими потоками отходов, важнейшие меры контроля являются гарантией адекватной передачи информации между владельцами отходов. Иными словами, должно быть обеспечено следующее: сведения о всех составляющих компонентах отходов, сложенных вместе с образованием смеси, должны быть известны и должны быть зарегистрированы.

Тип анализа, требующегося для точного определения характеристик отходов, будет изменяться в зависимости от природы отходов, используемого процесса и того, что уже известно об отходах. Результаты всех анализов необходимо сохранять в системе контроля. Информация может включать в себя сведения:

- о проверках соответствия характеристик отходов разрешенным техническим условиям (либо того, что они подходят под технические условия) уста-

новки для переработки и варианта конечного размещения, проводимых производителем/владельцем отходов. Эти проверки должны также включать в себя проверки наличия любых составляющих, которые потенциально могут быть вредными для процесса переработки

- о всех характеристиках опасности (например, воспламеняемости, взрывоопасности, эффективности)
- о физических свойствах (например, консистенция)
- об оценке совместимости (например, реакции с водой и др. веществами)
- о цвете
- о кислотности или щелочности
- о наличии интенсивности и описании оценки запаха
- о наличии окислительных веществ
- о ТОС
- о ХПК
- об аммиаке
- о точке воспламенения и свойствах горения при нормальных условиях
- о наличии сульфидов
- о наличии цианидов
- о соединениях, содержащих галоген
- о сере
- о металлах (например, тяжелых металлах)
- о ЛОС
- о СОЗ (например, РСВ).

Перечень параметров, которые можно анализировать для производства топлива из опасных отходов, приведен в таблице 3.3

**Таблица 3.3 ПЕРЕЧЕНЬ ПАРАМЕТРОВ АНАЛИЗА, ОБЫЧНО РАССМАТРИВАЕМЫХ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ТОПЛИВА ИЗ ОПАСНЫХ ОТХОДОВ**

Параметры	Предварительная приемка	Приемка	Процесс приготовления топлива из отходов <sup>1</sup>	Отправка
Плотность	Да	Необязательная	Необязательный	Необязательная
Вязкость	Необязательная	Необязательная	Необязательный	Необязательная
Точка воспламенения	Да	Да	Необязательный	Да
Низшая теплотворная способность	Да	Да	Да	Да
Давление паров	Да	Да	Необязательный	Необязательная
Влагосодержание	Да	Да	Необязательный	Да
pH	Да	Да	Необязательный	Да
Содержание золы	Да	Необязательная	Необязательный	Да
Состав золы	Необязательная	Необязательная	Необязательный	Необязательная

Параметры	Предварительная приемка	Приемка	Процесс приготовления топлива из отходов <sup>1</sup>	Отправка
Хлор	Да	Да	Да	Да
Фтор	Необязательная	Необязательная	Необязательный	Необязательная
Бром	Необязательная	Необязательная	Необязательный	Необязательная
Иод	Необязательная	Необязательная	Необязательный	Необязательная
Тяжелые металлы • летучие (Cd, Hg, Tl) • прочие	Да Да	Да Да	Необязательный Необязательный	Да Да
PCB	Да	Да	Необязательный	Да
Пентахлорфенол (PCP)	Необязательная	Необязательная	Необязательный	Необязательная
Сера	Да	Необязательная	Необязательный	Необязательная
Щелочи	Необязательная	Необязательная	Необязательный	Необязательная
Тест на коррозию	Необязательная	Необязательная	Необязательный	Необязательная
Тест на совместимость	Да	Да	-	-
Радиоактивность	Необязательная	Да	-	Необязательная

Примечания:

<sup>1</sup> зависит от типа производства

Необязательная – зависит от типа отходов, рабочих процессов (приготовление жидкого или твердо-замещающего топлива) и в соответствии с требованиями/техническими условиями конечных пользователей

Курсивом показаны требования минимального контроля в стандартной процедуре.

Обычно критерий надлежащей приемки включает в себя знание следующих параметров для отработанных масел

**Таблица 3.4 ПЕРЕЧЕНЬ ПАРАМЕТРОВ АНАЛИЗА, ОБЫЧНО РАССМАТРИВАЕМЫХ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ ОТРАБОТАННЫХ МАСЕЛ**

Параметр	Приемка	Отправка
Содержание влаги	Да	
Содержание твердых частиц	Да	
Точка кипения	Да	
Кривая разгонки	Да	
PCB	Да	
Общий хлор	Да	
Сера	Да	
Pb, Cr, V, Cu, Ni	Да	
Синтетические сложные эфиры и жирные масла	Да	
Цвет		Да
Вязкость		Да
Индекс вязкости		Да

### Достижимый положительный эффект

Повышается информированность о потенциальных проблемах для окружающей среды, связанных с перерабатываемыми отходами, и снижается риск аварий или плохой эксплуатации.

### Воздействия на окружающую среду

Не идентифицированы.

### Эксплуатационные особенности

На участках проводятся контрольные проверки для подтверждения того, что образующиеся в процессе производства отходы находятся в пределах допустимых параметров. Однако обычно нельзя идентифицировать все потенциальные загрязняющие вещества в потоке отходов. Поэтому определение характеристик производителями отходов и операторами обращения с отходами является частью общего требования для всех участков и дает указание на эффективные методы проверки. Например, полный набор анализа для отработанных масел занимает около 2 часов.

### Применимость

Эти технологии полностью применимы для всех объектов, связанных с обращением с отходами. Недостаток анализа продуктов отходов связан с тем фактом, что полное определение составляющих материалов обычно не выполняется, например, невозможно рассчитать содержание бумаги, пластмасс или органических веществ из состава продуктов сгорания. Этот метод ограничен анализом элементного состава и таких параметров, как энергосодержание, влагосодержание и содержание неорганических и органических веществ.

### Экономика

Оценки показывают, что инвестиции в аналитическое оборудование для объектов переработки отработанных масел составляют порядка 75000 евро (50 тыс. фунтов стерлингов) на участок.

А такие параметры как содержание влаги и твердых частиц в отработанных маслах анализируются в целях определения качества отработанного масла и стоимости его утилизации. Этому отчасти оказывается содействие с помощью требований качества со стороны потребителей отработанного масла. Однако не всегда требования бывают единообразными.

### Примеры установок

Анализ продуктов переработки отходов уже применяется во многих странах. В некоторых случаях проводится начальный анализ (например, на серу, общий хлор, воду и точку воспламенения для переработки отработанных масел). Если масло проходит эти испытания, оно изолируется перед проведением дальнейших анализов. Сюда включается измерение вязкости и инфракрасный анализ для проверки некоторых соединений, включая синтетические сложные эфиры и жирные масла. В ходе работ, проводимых Рабочей группой WG2 CEN/TC 343 "Технические условия и классы", можно выявить дополнительную информацию для твердого утилизируемого топлива (SRF). Можно также найти более конкретную информацию для отработанных масел в Разделе 4.5.1 этого документа.

### **3.1.1.2. Процедура предварительной приемки для оценки того, пригодны ли отходы для хранения и (или) переработки на установке**

#### Описание

Можно установить системы и процедуры для обеспечения того, чтобы отходы подвергались соответствующей технической оценке для гарантии их пригодности для предложенного режима переработки. Некоторыми способами и процедурами предварительной приемки, применяемыми для оценки отходов, являются:

а) проведение соответствующих проверок перед принятием любого решения о приемке отходов

б) стадия начальной проверки, включающая в себя предоставление информации и представительных проб отходов. Производители отходов должны предоставить оператору на участке приемки отходов надежную и полную информацию об отходах для определения пригодности данных отходов соответствующему процессу переработки (или утилизации). Эта процедура также применяется и в случае, если отходы только хранятся или складированы на установке с тем, чтобы можно было предоставить информацию следующему владельцу отходов и идентифицировать конечный маршрут размещения.

с) предоставление информации о природе процесса (процессов), в результате которых были получены отходы, включая вариабельность процесса. Так как условия образования отходов могут меняться, требуется квалифицированный персонал для определения возможности переработки, хранения или использования отходов на установке. Этот персонал должен быть независимым от персонала, осуществляющего продажи, ответственного за получение выгоды потребителя

д) предоставление химического состава отходов, требований по обращению и описания опасностей

е) предоставление и анализ представленных проб отходов с производственного процесса, на котором образуются такие отходы, от нынешнего владельца.

ф) определение полных характеристик отходов для каждого нового обследования отходов

г) требование подтверждения письменной информации, предоставленной владельцем отходов. Это может потребовать посещения производителя отходов, так как могут появиться дополнительные факторы, когда придется иметь дело непосредственно с персоналом, участвующим в образовании отходов

h) тщательное подтверждение информации, полученной на стадии предварительной приемки, включая подробности контактов с производителем отходов и полное описание отходов в отношении их состава и опасности. Это можно также провести, имея дело непосредственно с производителем отходов

и) ведение необходимой регистрации при приёме отходов, относящейся к предварительной приемке, для перекрестных ссылок и подтверждения на стадии приемки отходов. Промежуток времени, когда необходимо вести регистрации, следует определить с учетом того, действительно ли отходы поставляются на участок, или есть вероятность их поставки

ж) применение критериев запаха для отказа от меркаптанов, аминов с низким молекулярным весом, акрилатов или других материалов с резким запахом, которые пригодны для приемки только при определенных требованиях управления

к) предоставление и проверка подробностей о коде отходов в соответствии с Европейским перечнем отходов (EWL)

л) наведение справок оператором установки по обращению с отходами о том, имеет ли соответствующая установка по обращению с отходами разрешение на обращение с объявленными отходами, и готов ли оператор по обращению с отходами принимать отходы (см. комментарии к разделу эксплуатационных данных)

м) проведение процедуры оценки риска

н) выдача заявления о приемке оператором по обращению с отходами, в котором описываются все необходимые условия и меры, которые должны учитываться заказчиком отходов (например, производителем отходов). Кроме того, все внутренние правила на принимающей установке по обращению с отходами должны быть изложены в письменном виде в то же самое время.

Достижимый положительный эффект

Эти способы могут помочь оператору по переработке отходов в идентификации отходов, что исключит риск в приеме непригодных отходов, которые могут привести к негативным реакциям или неконтролируемым выбросам во время обращения с отходами. Таким образом, гарантируется прием отходов, пригодных для определенной деятельности по обращению с отходами.

Реальный опыт работы с этими способами показал, что нельзя полагаться только на эти способы, чтобы всегда получать достаточную информацию. Нет ничего необычного в том, что производитель отходов и оператор разделены третьей стороной, а в некоторых случаях даже тремя или четырьмя различными сторонами. Это могут быть подрядчики по транспортированию, брокеры или операторы по перегрузке отходов. Когда цепь длинная, информация может быть потеряна, или воспроизведена неточно. Эти способы, однако, помогут операторам определить пригодность отходов для переработки перед организацией приемки отходов.

Кроме того, эти способы также включают в себя:

- предоставление информации о сохранении ряда связей в последующей цепи, что исключает искажение данных и их утрату;
- помощь операторам в проверке непригодных отходов для предотвращения потенциальных проблем;
- подтверждение подробных сведений о составе отходов, что позволяет идентифицировать ряд параметров для проверки отходов, поступающих на участок;
- помощь в идентификации любых веществ в отходах, которые могут воздействовать на процесс обращения, или которые могут реагировать с другими реагентами;
- помощь в точном определении любой опасности, связанной с обращением с отходами;
- идентификация любых веществ в отходах, на которые процесс обращения

может не воздействовать, и которые могут, поэтому, передаваться в неизменном состоянии в остатках или стоке;

- помощь в определении затрат на идентифицированный вариант размещения;
- обеспечение соответствия с правилами обращения с отходами (в зависимости от страны).

Воздействие на окружающую среду

Определение таких воздействий относится к специальным физико-химическим анализам.

В отношении способа k (см. описание выше), коды отходов во многих случаях не дают полной информации о составе классифицированных отходов. Отходы с тем же самым кодом отходов могут иметь полностью различные составы и качества.

Ограничения в применении

Включают в себя административную и лабораторную работу.

В отношении способа c (см. описание выше), имеются случаи, когда состав отходов невозможно знать (т.е. сбор опасных отходов от домовладений). В этих случаях оператор, собирающий и принимающий такие отходы, должен обладать необходимым опытом в управлении их безопасностью.

В отношении способа k (см. описание выше), обязанностью производителя отходов является принятия решения о соответствии отходов коду EWL. В то же время это не относится к обязанностям оператора.

В некоторых случаях может иметь место подтверждение согласно способу l (см. описание выше), перед первым контактом собственника/производителя отходов с оператором по обращению с отходами для процедуры предварительной приемки и (или) перед подписанием соглашения.

Применимость

Требование по определению характеристик отходов, включая отбор проб и проведение анализов, в равной степени применяется к передаче отходов, а также к объектам для обращения с ними. Это, однако, не может отвергать фундаментальное требование для оператора в проверке информации об отходах, предоставленной производителем отходов (не только нынешним владельцем), который обычно лучше всех может подтвердить отходы. Некоторые примеры применения приведены ниже.

Предварительная приемка отработанных масел для переработки

В качестве общего требования этот первый шаг не является решающим для установки по переработке отработанных масел, но он требуется, если отходы предназначены, например, для переработки на нефтеперерабатывающих заводах. Обычно отходы поступают от большого количества источников с небольшими объемами, таких как гаражи, но их состав в основном неизменный. Процедуры предварительной приемки, относящиеся к сбору информации, необходимо применять для одноразового появления отработанных масел и от источников, где может происходить загрязнение другими химическими веществами, например, от химического производства такими, как растворители. Хотя это

может не оказывать воздействия на продажу утилизированного масла, необходимо все же идентифицировать загрязнение. Растворители с низкой точкой воспламенения приводят к аварийным ситуациям, связанным с пожароопасностью. Часто происходит загрязнение бензином, и при этом значительно снижается точка воспламенения материала, и, таким образом, значительно возрастает риск аварий. Необходимо проявлять осторожность при выборе и интерпретации наиболее подходящего определения точки воспламенения. Растворители также удаляются в процессе нагрева, поэтому, возрастают выбросы ЛОС. Может происходить загрязнение РСВ от тех РСВ, которые содержатся в продукте, что может привести либо к росту образования диоксинов, если продукт используется впоследствии для сжигания, либо к переходу их в донные остатки в емкости или в стоки.

#### Предварительная приемка "небольших объемов из лабораторий"

Если бочки используются для небольших объемов в лаборатории, составляется перечень содержимого бочки. Подобным образом для других типов контейнеров, в которых содержатся небольшие объемы для лабораторий, составляется перечень содержимого, которое соответствующим образом хранится в контейнере. Каждая заполненная бочка (или другой контейнер) затем маркируется в отношении опасности для перевозки (например, правила ADR<sup>1</sup>). Уровень контроля в ситуациях такого типа зависит от ряда факторов. В любом случае необходимо сделать полный перечень содержимого. Для операторов, которые принимают отходы в контейнерах от своих заказчиков, для заказчика обычно представляется руководство по упаковке. Для производителей отходов необходима письменная процедура в отношении разделения, упаковки и маркировки небольших объемов для лабораторий.

#### Оценочное исследование для физико-химических установок

На участках необходимо проводить оценочное исследование для идентификации материалов, которые находятся в стоках и принимаются на участок. Основными рассматриваемыми областями являются:

- сточные воды, содержащие растворители, которые затем могут выделяться вследствие процесса нагрева
- отходы с высоким содержанием азота с возможным выбросом аммиака в воздух
- отходы, содержащие фосфор: не на всех участках требуется регулярный мониторинг на "общий фосфор", так как на этих участках может оказаться легче оценить выбросы по поступлению фосфорной кислоты
- нерегулярные неорганические отходы, например, отходы, содержащие мышьак. И снова в большинстве случаев легче бывает рассчитать годовые выбросы от поступающих нерегулярных отходов, чем расширять программу мониторинга.

#### Экономика

Дополнительные административные расходы (например, упаковка, маркировка)

<sup>1</sup>Европейское соглашение о международных автомобильных перевозках опасных грузов.

### Процедуры для реализации

Обычно эти процедуры включены в национальное законодательство в различных странах, в руководящие указания или в разрешения на эксплуатацию установок. Часто также определяются химические компоненты и параметры, которые должны быть проанализированы.

Отбор проб гетерогенных отходов является особенно трудным, и для этого требуются опытные операторы. Работа CEN TC 292 или LAGA<sup>2</sup> по отбору проб может оказать некоторую помощь в этом направлении.

### Примеры установок

Многие из этих способов обычно используются в секторе обращения с отходами. Например, коммерческие участки для физико-химической переработки в Соединенном Королевстве требуют от своих заказчиков представления надлежащего описания отходов и отбора проб для анализа перед приемом на участок. Участок должен знать о составе отходов, для того, чтобы была возможность получения на участке годного конечного продукта, который может соответствовать стандартам для сброса в канализацию и получению фильтрата, годного для полигона.

### ***3.1.1.3. Процедуры соответствия при приемке отходов на установки для обращения с ними***

20

#### Описание

Проверка на участке и проверка на соответствие необходимы для подтверждения: 1) идентификации отходов; 2) описания отходов; 3) соответствия с информацией предварительной приемки и предложенного метода обращения. Некоторые способы приемки и процедуры (после предварительной приемки), применяемые к оценке отходов, приведены в перечне ниже, которые включают в себя:

а) не принятие отходов на установку, если не определен метод обращения с ними и маршрут размещения/утилизации, а также имеющиеся производственные мощности. Иные, чем чистые продукты в виде химических веществ и небольшие объемы для лабораторий, не должны приниматься на установку без отбора проб, проверки и испытания. Неприемлемо полагаться только на представленную письменную информацию, и требуется физическое подтверждение и аналитическая проверка;

б) выполнение процедур отбора проб (см. Раздел 4.1.1.4);

с) для отходов, подлежащих переработке или передаче, проведение объема работ по определению характеристик на стадии предварительной приемки обеспечивает подтверждение характеристик отходов;

д) проведение мер для полного документального сопровождения и подтверждения приемлемости отходов, прибывающих на участок, таких, как предварительная регистрация для подтверждения, например, наличия достаточных

<sup>2</sup> Рабочая группа по отходам в федеральных землях Германии, выпускающая директивные документы по различным аспектам обращения с отходами.

производственных мощностей для переработки;

е) требование наличия информация о принимаемых отходах, описывающая их физический и химический состав, характеристики опасности, наличие несовместимых веществ и любые меры предосторожности в отношении обращения. Опасные отходы должны сопровождаться товаротранспортными накладными, и эта информация должна определять начального производителя отходов;

ф) наличие четких и однозначных критериев для отбраковки отходов и отчетности о любых несоответствиях;

г) использование лаборатории с соответствующими аккредитованными методами испытаний для проведения анализов;

h) проверка подробностей о коде отходов согласно Европейскому перечню отходов;

i) использование процедуры оценки риска для выбора методики и, при необходимости, проведения анализа отходов. Пример представлен в разделе примеров установок.

К другим проблемам, с которыми можно столкнуться при процедуре приемки, относятся:

- ожидание транспортных средств, проверка груза, отбор проб и территория разгрузки;

- контроль движения транспорта;
- процедура проверки документов, прибывающих с грузом;
- процедура разгрузки для возможности контроля и отбора проб;
- размещение предназначенных мест для отбора проб
- к визуальной/органолептическая проверка груза (для некоторых грузов с жидкими и опасными отходами, это может не применяться);

- процедура маркировки бочек и контейнеров;
- инфраструктура, такая как места обваловки и места отбора проб;
- оценка соответствия с информацией предварительной приемки и предложенного метода обращения с отходами;

- система сохранения пробы, т.е. в отношении определения соответствующего периода сохранения;

- регистрация производителя отходов, результатов анализа и методов обращения;

- процедура периодической проверки информации о предварительной приемке;

- условия отправки.

Достижимый положительный эффект

Эта вторая стадия приемки. Она включает в себя процедуры, выполняемые при приемке отход на участке. Они служат для подтверждения характеристик отходов на предварительной приемке. Эти способы предотвращают приемку непригодных отходов, что в противном случае может привести к негативным реакциям или неконтролируемым выбросам, и, поэтому, данные способы исключают возможность приема отходов, пригодных для деятельности в области

обращения с ними. При этом минимизируется время поставки отходов транспортными средствами и их ожидания, что предотвращает появление проблем, связанных с авариями, утечками. Эта процедура также предотвращает отбраковку отходов.

Воздействие на окружающую среду

Так же, как и при процедурах предварительной приемки.

Эксплуатационные особенности

Так же, как и при процедурах предварительной приемки. В некоторых случаях могут быть затруднения в проведении надлежащего отбора проб (например, бочки с использованной тканью или перчатками).

Применимость

Некоторые примеры промышленной применимости описаны ниже.

Установки для переработки отработанных масел

Обычно на этих установках уделяют больше внимания процедурам заключительной приемки, чем процедурам на стадии предварительной приемки.

Приемка небольших объемов из лабораторий

Процедуры для приемки небольших объемов из лабораторий на участке обычно идентичны тем, которые относятся к отходам в бочках. Они отличаются от поступления "обычных" отходов на участок в том, что эти отходы находятся в чисто концентрированной форме. В ситуациях, когда оператор проводит идентификацию и упаковку по поручению заказчика, его действия могут быть ограничены открытием бочек для проверки повреждений контейнеров. В таких случаях груз сопровождается документацией, подтверждающей проверку и упаковку. В ситуациях, когда бочку наполняет заказчик, необходимо проводить полную проверку и подтверждение. При проверке содержимого и разделения его в порожние бочки (например, в течение нескольких дней) и при переупаковке отходов необходимо делать только один раз все необходимые проверки. Если бочка открыта и обнаружено, что в ней содержатся несовместимые вещества, или что вещества не были упакованы надлежащим образом, тогда необходимо сортировать бочки и немедленно переупаковать, после чего следуют процедуры несоответствия на участке.

Участки для физико-химической переработки

На этих участках проверяют отходы при приемке с помощью визуальной проверки и отбора проб. Система отбора проб изменяется по объему анализа и по частоте отбора проб. Это может быть простая проверка температуры воспламенения и pH или же проба отбирается для быстрого лабораторного определения этих элементов и содержания металлов, а также грубой проверки органических соединений. Частота отбора проб отчасти определяется источником отходов: большинство участков сосредоточено на отборе проб и проведении анализов на единичных нестабильных потоках. При этом снижается частота отбора проб для потоков перерабатываемых отходов, которые принимаются регулярно.

**Таблица 3.5 КОНТРОЛЬНЫЕ ПРОЦЕДУРЫ, ИДЕНТИФИЦИРОВАННЫЕ НА УСТАНОВКАХ  
ДЛЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ**

	Процент установок, на которых эта практика осуществляется
Закрытые участки или участки на полностью непроницаемом основании	77
Ливневые стоки (за исключением административных учреждений, зданий, крыш) и воды от промывки цистерн на установку	77
Отбор проб от крупных потоков отходов, или постоянной доли	62
Вес поступающих грузов	54
Частичные системы очистки	38
Полные системы очистки	15
Отбор проб от всех отходов	8

Примечание: данные соответствуют 13 различным участкам для физико-химической переработки, которые были проанализированы.

На установках для физико-химической переработки проверяют часть поступающих потоков отходов, хотя всегда проводятся проверки новых потоков отходов, и необходимо располагать достаточной информацией о поступающих отходах для того, чтобы процесс их переработки осуществлялся эффективно. На участках требуется проводить отбор проб отходов в рамках предварительной проверки перед приемкой любых отходов на участок, и, помимо этого, проводить проверку маршрутов во время поступления отходов.

Отработанные катализаторы

Материалы проверяются на предмет непредвиденных примесей и загрязняющих веществ, и это может быть экономично для поддержания выпуска чистой продукции и снижения выбросов.

Отработанный активированный уголь

Необходимо идентифицировать активированный уголь, получаемый для регенерации, в виде отдельных партий и анализировать с тем, чтобы вещества, которые десорбируются при переработке, были известны, и чтобы можно было подтвердить, что на установке имеется возможность переработки их в рамках ограничений регулирующих органов. Заявитель должен четко установить типы загрязняющих веществ на активированном угле, который он намерен регенерировать.

Экономика

Затраты на определение характеристик отходов и проведение анализа обычно бывают высокими, как и затраты на защитные работы. Они могут составлять 3000 евро (2000 фунтов стерлингов) за анализ для имитации стендовых испытаний воздействия отходов на сооружения по очистке сточных вод.

Ограничения в применении

Такие анализы обычно регулируются национальным законодательством и разрешениями. Законодательство об опасных отходах, например, обеспечивает, чтобы хранение, управление, классификация, упаковка и маркировка отходов проводились правильно.

### Примеры установок

Применяются для всего сектора обращения с отходами. Примером для использования процедуры оценки риска для выбора и при необходимости проведения анализа может быть первый случай: отходы по классификации высокого риска всегда анализируются при поставке; 2-й случай: отходы по классификации низкого риска периодически проверяются на соответствие с данными на стадии предварительной приемки.

#### **3.1.1.4 Отбор проб**

##### Описание

Отбор проб обычно основан на уровне существующего риска, учитывающего опасность отходов, а также знании предыдущего владельца отходов. Надлежащая процедура отбора проб учитывает следующие проблемы:

- а) физическое состояние отходов (гомогенность/гетерогенность);
- б) количество проб и объем выборки для материалов отходов, не поставляемых в контейнерах;
- в) количество проб и объем выборки для материалов отходов, поставляемых в контейнерах;
- д) процедуры отбора проб для всех поступающих отходов, включая объемные (жидкие и твердые) отходы и отходы в бочках и контейнерах, и небольшие объемы отходов из лабораторий. Количество отбираемых проб возрастает с ростом числа контейнеров. В чрезвычайных ситуациях небольшие контейнеры должны проверяться все на предмет сопровождающих документов. Процедура должна включать в себя систему регистрации количества проб и степени уплотнения;
- е) наличие системы обеспечения обязательности анализа отобранных проб отходов;
- ф) Информация об отборе проб отходов, поставляемых в бочках в пределах зоны, предназначенной для хранения, например, необходимое время после приема;
- г) подтверждение и проверка поступающих отходов на соответствие описанию;
- д) введение на установке режима регистрации отбора проб для каждого груза, вместе с обоснованием выбора каждого варианта;
- и) отбор проб отходов, прибывших в цистернах, перед приемкой. При этом способе нет хранения перед отбором проб;
- ж) оставление отобранных проб на участке в течение определенного периода времени (например, 0,5-2 месяца) после переработки отходов или удаления с участка всех остатков от их переработки;
- з) внешний отбор проб или отчеты об анализе, т.е. водитель транспортного средства, привозящего отходы, может прибыть на установку с пробой или с анализом, который был проведен на определенной стадии заблаговременно. Это обычно бывает в виде исключения и рассматривается, если:

- имеются соображения о безопасности здоровья и состояния окружающей среды. Это касается, например, веществ, реагирующих с водой, которые могут затруднять отбор проб;
- была предоставлена следующая письменная информация: физический и химический состав, характеристики опасности, наличие несовместимых веществ и любые предосторожности в отношении обращения с отходами, а также информация, указывающая на начального производителя отходов и процесс образования отходов;
- отходы были отобраны непосредственно с производственного участка на установку для переработки отходов;
- персонал, отбирающий пробы, дает доказательство адекватной квалификации и (или) обучения.

Для отбора проб жидких отходов следует отметить некоторые специфичные проблемы:

l) поставки отходов в наливных автоцистернах могут сопровождаться сертификатом "смыва" или декларацией предыдущего груза, что загрязнения при выполнении маршрута были проверены;

m) пробы обычно отбираются в одной из трех точек цистерны:

- верхний люк
- обратный клапан
- смотровое стекло

n) ключевым требованием является получение пробы, которая будет представительной для груза, т.е. при отборе пробы необходимо учитывать все вариации и любые перегородки в бестарном грузе с тем, чтобы можно было учесть сценарии "наихудшего случая". Отбор пробы через верхний люк на поверхности жидкости может оказаться не представительным, но он может быть полезным при установлении такого факта, как непригодность слоя растворителя или другого несмешивающегося вещества для переработки. Пробы через верхний люк должны отбираться в поперечном сечении груза, т.е. должна отбираться корневая проба;

o) можно соорудить подставки, для того, чтобы избежать необходимость отбора проб из обратного клапана цистерн, что, вероятно, приведет к небольшим проливам.

Для отбора проб из бочек (в зависимости от типа емкости) следует отметить некоторые специфические проблемы:

p) содержимое можно идентифицировать с определенностью только, если проба отбирается из каждого контейнера. Поэтому для подтверждения приемки отбирается проба из каждого конвейера; однако, анализ составной пробы обычно бывает приемлемым при таком режиме отбора проб. Этот способ представительной пробы получается при отборе корневой пробы из основания контейнера;

q) обеспечение замены крышки, обваловки и клапанов непосредственно после отбора проб;

г) визуальный контроль каждого контейнера и процедуры отбора проб необходимы в рамках контроля оператора;

с) использование отверстий визуального контроля и представленных отборов проб со всех бочек выше определенной емкости, например, более 200 л;

т) отбор проб затаренных отходов в закрытых местах, находящихся в углублении или внутри специальных камер с помощью крышки для извлечения в случае, когда в отходах содержатся нестойкие материалы.

Например, при перегнивании ила проба отбирается для контроля токсичности процесса перегнивания. В дополнение к этому, обычно для всех типов проб отходов процедура отбора должна обеспечить проведение адекватного отбора и анализа для определения характеристик отходов. Количество отбираемых проб основывается на оценке рисков потенциальных проблем. Режимы отбора проб на стадии предварительной приемки необязательно должны включать в себя отбор проб из каждой бочки, например, может применяться правило "корень квадратный из  $(n+1)$ " при условии, что проверка приемки включает в себя отбор проб из каждого контейнера. В некоторых случаях физический отбор проб может быть необязательным, например, в случае газовых баллонов или отработанных батареек. В других случаях, таких как отходы в бочках, необходимо отбирать большое количество проб, так как определение характеристик требует отбора проб из всех контейнеров. Процесс отбора проб должен проводиться с учетом вариабельности процесса, и может потребоваться несколько проб для удовлетворительного определения характеристик отходов. Производитель отходов может обеспечить представительные и надежные пробы, полученные лицом с техническим восприятием процесса отбора проб, с включением следующей информации:

- местоположения точки отбора проб, например, бак для стоков;
- емкость сосуда для отбора проб (для проб из бочек дополнительным параметром должно быть общее количество бочек);
- метод отбора проб, например, кран для отбора проб (середина потока), отбор проб "сверху";
- количество проб и степень уплотнения;
- рабочие условия во время отбора проб, например, нормальная работа, останов, обслуживание и (или) чистка.

В дополнение к этому, производитель отходов может обеспечить представительность пробы с помощью:

- четкой маркировки пробы и идентификации любой опасности;
- включения систем, позволяющих отслеживать пробы и контролировать установку.

Достижимый положительный эффект

Отбор проб является ключевой проблемой в создании надежных знаний о перерабатываемых отходах, и, поэтому в предотвращении проблем в течение переработки. Некоторые способы предотвращают также неорганизованные выбросы (например, вызывающие запахи) в течение отбора проб.

### Ограничения в применении

Необходимо специальное лабораторное оборудование для практического отбора проб. В наличии имеется серия проектов, основанных на европейских стандартах отбора проб, например, "отбор проб жидких и гранулированных материалов отходов, включая пастообразные материалы", подготовленный Техническим комитетом CEN/TC 292 – Определение характеристик отходов. Комитет CEN/TC 343 также подготовил технические условия по отбору проб твердых утилизируемых топлив.

Другими международными сводными стандартами являются, например, ISO 10381 (отбор проб почвы) и ISO 5667 (отбор проб сточных вод, осадков и отложений). Эти стандарты включают в себя технические условия для управления отбором проб и их сохранения.

#### Применимость

Некоторые типы отбора проб применимы ко всем типам отходов.

#### Примеры установок

На всех установках для обращения с отходами проводится отбор проб определенного вида.

### **3.1.1.5. Приемные устройства**

#### Описание

Обычно имеется зона для приема поступающих отходов, где можно сделать визуальную проверку в отношении товарно-транспортной накладной для определенных отходов и где отбираются некоторые дополнительные пробы перед распределением отходов. Некоторыми видами надлежащей экологической практики, применяемой для объектов для приема отходов, являются:

а) наличие аккредитованной лаборатории на участке для проведения анализа проб отходов при предварительной приемке. Это может осуществляться путем обеспечения того, чтобы лаборатория, проводящая анализ, имела надежную систему гарантии качества, методы контроля качества и подходящую систему регистрации анализов;

б) оснащение лаборатории контрольным оборудованием и приборами, необходимыми для обеспечения гарантии качества. Обычно неофициально признается саморегулирование;

в) наличие специальной изолированной зоны для хранения отходов с тем, чтобы если контроль или анализы указывают, что отходы не соответствуют критериям для приемки (включая, например, поврежденные, корродированные или не маркированные бочки), их можно было временно безопасно хранить. Такое хранение необходимо, максимум, на пять рабочих дней. В случае холодной температуры окружающего воздуха такое время хранения может превышать пять рабочих дней, чтобы можно было отобрать пробы после размораживания. После приемки отходы можно переместить в другую зону хранения (для крупногабаритных отходов это обычно зона для больших объемов). Необходимы письменные процедуры для обращения с отходами, которые содержат

ся изолированно, а также для уточнения и мониторинга хранения максимального объема. Письменные процедуры необходимы также для переупаковки отходов перед возвратом владельцу отходов, а также для процедур переупаковки.

d) отметка на плане участка мест для инспекции, разгрузки и отбора проб и наличие подходящей герметичной дренажной системы. Наличие отдельной системы сбора для проливов, которая отделена от системы ливнесброса и наличие герметичной подземной зоны, которая имеет защиту от отходов, требующих переработки (связанных со способами в Разделе 4.8.2)

e) отгрузка отходов в контейнеры в специальной приемной зоне в ожидании приемки пробы. Такое хранение необходимо, максимум, на период в течение одной недели. В течение этого периода необходимо набирать или смешивать бочки, или сливать содержимое для незатаренного хранения. Отходы в приемной зоне необходимо разделять в соответствии с их совместимостью. Разделение проводится непосредственно после отгрузки;

f) немедленная оценка отходов, размещаемых в зоне приема;

g) немедленное разделение отходов для устранения возможных опасностей вследствие их несовместимости, что может привести к тому, что отходы не будут отвечать критериям приемки;

h) наличие специального места для отбора проб/мест или приемной зоны. Это необходимо делать в непосредственной близости к лаборатории/учреждению для проверки, и такое место должно быть видимым;

i) обеспечение мест для отгрузки, отбора проб/приема и изоляции непроницаемой поверхностью с автономным дренажом для предотвращения любого попадания проливов в системы хранения;

j) обеспечение того, чтобы несовместимые вещества не вступали в контакт с проливами при отборе проб, например, в сборнике, служащем для отбора проб. В наличии должны быть абсорбенты на случай любых проливов;

k) обеспечение требований наличия у персонала установки, который участвует в отборе проб, проверке и процедурах анализа, надлежащей квалификации и соответствующего обучения и регулярной аттестации в соответствии с новыми положениями;

l) как только анализ подтвердил приемлемость отходов, партия должна быть подготовлена для переработки, или отгрузки, или удаления за пределы участка. Как только партия собрана для переработки, оператор может сделать составную пробу для анализа перед переработкой. Реальный объем анализа зависит от назначенной обработки, но его всегда необходимо определять;

m) обеспечение того, чтобы на каждом шагу приема отходов на установку для обращения с отходами (процедуры предварительной приемки, процедуры приемки, объекты для приемки) персонал, отбирающий и управляющий пробами, обладал необходимыми знаниями и опытом;

n) наличие специальной зоны для хранения на объекте, которая годится для принимаемых отходов;

o) наличие четкой процедуры обращения с отходами, когда инспекция или

анализ доказали, что отходы не соответствуют критериям приемки на установку или не соответствуют описанию принимаемых отходов в течение процедуры предварительной приемки. Эта процедура должна включать в себя все требующиеся меры (например, согласно разрешению или национальному/международному законодательству) для информирования компетентных органов власти, для безопасного хранения в течение переходного периода или для отбраковки отходов и возврата их производителю отходов или в любое другое разрешенное место.

Некоторыми специальными способами, применяемыми к поставляемым отходам, являются:

р) взвешивание всех прибывающих грузов, если только в наличии не имеются другие альтернативные надежные объемные системы, связанные с данными по удельному весу;

q) непринятие любого груза на участок, если только не имеется достаточных объемов для хранения;

г) обеспечение того, чтобы все документы были проверены и одобрены и чтобы любые несоответствия были урегулированы перед приемом отходов;

с) визуальная проверка груза – когда это возможно, необходимо проводить инспекционные проверки перед отгрузкой. В любом случае инспекция должна проводиться немедленно по прибытии груза на установку;

т) проверка каждого контейнера для подтверждения количества в соответствии с сопроводительными документами. Все контейнеры должны быть четко промаркированы и они были оснащены хорошо подогнанными крышками, колпаками и клапанами и системой безопасности. Контейнеры, не отвечающие соответствующим техническим условиям, должны браковаться. Затем необходима следующая инспекция для проведения отгрузки в специальную зону отбора проб/приема;

у) применение системы отслеживания отходов от пункта приема до первой стадии переработки, после которой меняется физический или химический характер отходов, например, с помощью системы идентификации (например, маркировка, код) для любого контейнера или бочки, хранящихся на установке. Информация может содержать все необходимые данные в отношении здоровья и безопасности, дальнейшей переработки, кода отходов, первоначального производителя, даты прибытия и т.д.

v) когда контейнеры заполнены, необходимо перемещение из первоначального контейнера в контейнер для навалочных грузов с самой ранней датой прибытия навалочных отходов.

Достижимый положительный эффект

Идентифицированы источники, состав и опасность отходов. Предотвращение приема отходов без письменной информации.

Большая часть проливов и утечек происходит только в небольшом масштабе, например, в результате выбросов из обратного клапана цистерны, если проба отбирается таким образом.

### Эксплуатационные особенности

Необходима лаборатория для анализа отобранных проб. В отношении способа (см. описание выше) некоторые пробы не отбираются для немедленного контроля и проведения анализа. Некоторые пробы, например, сохраняются в случае, если контролирующие органы требуют дополнительный контроль.

### Применимость

Полностью применимо для всех участков; однако, в некоторых ситуациях (например, установки для переработки неопасных отходов) может оказаться непрактично или неэкономично иметь лабораторию на участке.

### Экономика

Приемные объекты для сооружений по очистке сточных вод, например, разгрузочный танкер и танкер для хранения могут стоить около 1,5 млн. евро (1 млн. фунтов стерлингов). Эксплуатационные затраты являются относительно низкими и связаны главным образом с административными затратами.

**Таблица 3.6 ЭКОНОМИКА ЛАБОРАТОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ МОНИТОРИНГА НА УСТАНОВКЕ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ОТРАБОТАННЫХ МАСЕЛ**

Способы	Капитальные затраты (фунтов стерлингов)	Эксплуатационные затраты (фунтов стерлингов)
Аналитическая лаборатория <sup>1,2</sup>	40000	20000
Оборудование для непрерывного мониторинга <sup>2</sup>	10000	1000
Технические условия		
Производительность Типы масел Вид процесса Расход отходящих газов Возраст установки Возраст оборудования для борьбы с загрязнением	10000 т/год Отработанные смазочные масла Периодический 0-50 м <sup>3</sup> /ч 10 лет 2 года	

Примечания:

<sup>1</sup> Принято, что не требуется нового здания и что лабораторное оборудование относительно простое. Штат включает одного технического специалиста, работающего полный рабочий день

<sup>2</sup> Затраты на оборудование для непрерывного мониторинга значительно отличаются в соответствии с количеством контролируемых веществ, используемых аналитических способов и выбранного поставщика.

### Ограничения в применении

Некоторые объекты, где осуществляется прием отходов на переработку, необходимы для всех установок по обращению с отходами. В некоторых странах обязательно иметь изолированную зону хранения и не требуется по закону внешняя аккредитованная лаборатория.

### Примеры установок

Все установки для обращения с отходами имеют определенного вида объекты для приема отходов. На многих участках имеется предварительно зарегистрированная система для отходов, и зона приема должна иметь перечень содержимого каждого груза, ожидаемого в этот день. На некоторых участках имеется одна обвалованная и одна крытая зона приема, на других имеются различные обвалованные и крытые зоны приема для различных групп отходов.

Можно использовать газовую хроматографию и масс-спектрометрию для идентификации компонентов растворителей и отработанных масел, но их использование требует квалифицированной расшифровки, а затраты являются высокими.

В зависимости от поставляемых отходов зона приема/бункер могут быть оснащены техническими установками для тушения пожара, поскольку для некоторых отходов имеется склонность к самовоспламенению, особенно отходы с высоким содержанием органических веществ. Биологическое разложение может привести к высокой температуре, а в некоторых случаях может произойти пожар. Помимо этого, в размещаемых отходах уже могут содержаться раскаленные частицы, например, не полностью сгоревший уголь.

Зона приема – это обычно крытое помещение, а двери часто бывают закрытыми из-за запаха, выбросов пыли и шумовых выбросов. Зона приема или бункер имеют установку для вентиляции, в которой собираются выхлопные газы. Для предотвращения утечки воздуха некоторые установки оснащены системой вентиляции, которая создает отрицательное давление в зоне приема или бункере.

### 3.1.2. Системы управления

Способы управления, обычно применяемые для установок обращения с отходами, в целом включены в этот раздел.

31

#### 3.1.2.1. Способы для определения типа переработки отходов, применяемых для каждого типа отходов

Описание

Как только были определены состав и характеристики (например, содержание опасных соединений) отходов и подтверждено, что отходы такие, как описано, должен быть определен метод или вариант переработки отходов. Имеется три основополагающих принципа для выбора соответствующей переработки отходов для определенных отходов: 1) адекватное определение характеристик отходов; 2) обеспечение того, чтобы отходы годились для предложенной деятельности по переработке; 3) обеспечение оперативного контроля процесса переработки, включая мониторинг входа и реакций и наличие четких конечных целей. Некоторыми способами, применимыми в помощь для достижения этих целей, являются:

- а) описание и рассмотрение деятельности установки и предложенных способов для предотвращения и снижения образования отходов, выбросов веществ и тепла (включая в течение периодов пуска или останова, мгновенных остановок, утечек или неправильного функционирования;
- б) идентификация типов отходов, подлежащих обработке в каждом технологическом процессе, включая все загрязняющие вещества;
- с) идентификация химизма процесса и судьбы всех компонентов отходов и любых продуктов реакции;
- д) идентификация соответствующих вариантов утилизации или борьбы с за-

грязнениями, особенно для компонентов, которые могут быть вредными для окружающей среды и которые не разрушаются при переработке, но перемещаются из одной среды в другую. Это можно сделать путем слежения за теми веществами, которые способны к загрязнению и которые могут выделяться неизменными после процесса переработки;

е) идентификация подходящего метода переработки для каждого нового исследуемого вида отходов;

ф) уверенность в том, что в сырьевые материалы процесса не были включены такие вещества, как растворители, которые можно утилизировать на следующей стадии, например, с помощью сушки и последующей очистки для отделения компонентов;

г) наличие четкой методологии для оценки переработки отходов, рассмотрение физико-химических свойств индивидуальных отходов и технических условий для перерабатываемых отходов;

h) обзор любой имеющейся информации о предпочтительной переработке отходов (например, относящейся к иерархии обращения с отходами) согласно типу перерабатываемых отходов (например, EWL).

Достижимый положительный эффект

Выбор соответствующей переработки для определенного вида отходов является жизненно важным для обеспечения снижения выбросов в окружающую среду и переработки отходов надлежащим образом.

Эксплуатационные особенности

Часто необходимо использовать несколько процедур для правильной переработки отходов. Процедура, которой придерживаются, или скорее сочетание (типов процедур, последовательности их применения, применяемого контроля и т.д.), должна определяться обычно в рамках координации процедуры компании/установки. При такой процедуре лабораторные результаты на основе состава отходов и их поведения при реакциях оказывают некоторое влияние на выбор типа перерабатываемых отходов.

Выбор способа переработки зависит не только от типа отходов, но и других проблем, таких как местные ограничения (например, стратегия по отходам), логистические соображения и какие типы переработки имеются в наличии в регионе.

Иногда и там, где возможно, требуется, чтобы материалы отходов перерабатывались с помощью химической, физической или биологической переработки, если в них содержатся неприемлемые количества опасных для окружающей среды веществ или соединений, которые можно разделить, преобразовать или иммобилизовать, и, таким образом, сделать их менее вредными.

Примеры установок

Способы применяются для всех объектов обращения с отходами.

### ***3.1.2.2. Гарантированная поставка отходов***

Описание

Отходы можно рассматривать как "сырьевой" материал, используемый объ-

ектами для обращения с отходами. В некоторых случаях отходы можно использовать как реагент для переработки других отходов. В любом случае должны иметься гарантии наличия отходов/материалов в нужное время, которые являются важными для непрерывной и надлежащей работы установки.

#### Достижимый положительный эффект

Если отходы используются как реагент в процессе переработки, отсутствие таких отходов может задержать процесс перерабатываемых типов отходов. Эта задержка может вызвать соответствующие проблемы для окружающей среды.

#### Применимость

Например, гарантия долговременной работоспособности анаэробных систем является ключевой проблемой для их экономической целесообразности (см. Раздел 4.2.4).

#### Примеры установок

Основной областью интересов в анаэробном сбраживании является гарантия долговременной работоспособности установок, которая является ключом к их экономической целесообразности. Этот риск можно снизить с помощью технологических разработок, но соответствующие затраты могут воздействовать на экономику в кратковременной перспективе. Еще одним примером является гарантия наличия соответствующей поставки отработанных оснований, имеющих в физико-химических установках для того, чтобы нейтрализовать кислые материалы в случае, когда эти основания используются в процессах нейтрализации. При этом бункер или оборудование для подачи сырья в технологический процесс должны обеспечить постоянную подачу для уменьшения перегрузок оборудования.

### **3.1.2.3. Способы повышения возможности контроля движения отходов**

#### Описание

Любое отслеживание или принятая система отслеживания должны быть в состоянии сообщать все о следующем:

- общем количестве отходов, находящемся на участке в любое время, в соответствующих единицах, например, эквивалентах 205-итровых бочек;
- деструкции определенного количества отходов, хранившихся на участке в ожидании переработки, классифицируемой по маршруту переработки;
- деструкции определенного количества отходов на участке только для хранения, т.е. ожидающих последующей передачи;
- деструкции определенного количества отходов по классификации опасных отходов;
- указании на то, где размещены отходы на участке по отношению к плану участка;
- сравнение количества отходов на участке в отношении общего разрешенного количества;
- сравнение времени пребывания отходов на участке с разрешенным временным пределом.

Некоторые способы, которые можно применить для повышения прослеживаемости отходов на установке для переработки отходов, включают в себя:

а) регистрацию и сравнение информации о характеристиках отходов и источнике потока отходов, которые имеются в любое время. Отходам необходимо давать исходящий номер и необходимо, чтобы его можно было получить в любое время в процессе для идентификации наличия определенных отходов в установке, продолжительности времени их нахождения и предложенного действительного маршрута переработки. Это важный компонент управления установкой;

б) регулярную проверку и ведение своевременной информации о потоке отходов, т.е. обновление информации при любых изменениях;

с) установление внутренней системы отслеживания и процедуры контроля запасов для всех отходов, перекрестное сравнение с индивидуальным исходящим номером, появляющимся на стадии предварительной приемки (см. Раздел 4.1.1.2);

д) применение системы отслеживания для ведения всей информации, собранной в течение предварительной приемки, хранения, переработки и (или) удаления с участка. Регистрация и ведение своевременной информации на непрерывной основе для отражения поставок, переработки на участке и отправок. Документацию, предоставляемую водителем, письменные результаты анализов приемки и подробности мест разгрузки или мест размещения после участка необходимо добавлять к документации системы отслеживания. Вся регистрация, относящаяся к предварительной приемке, должна поддерживаться на установке для перекрестного сравнения и подтверждения на стадии приемки отходов. Регистрацию обычно необходимо хранить в течение двух – шести месяцев после того, как отходы были переработаны или удалены с участка;

е) придание каждому потоку отходов индивидуального исходящего номера и "сопровождение" отходов в течение их приемки, хранения, переработки или удаления с участка. Если отходы регулярно образуются, тогда документ должен быть индивидуальным для этой партии отходов;

ф) наличие систем документации или компьютерной базы данных/наборов баз данных, которые регулярно поддерживаются. Система отслеживания работает как кадастр отходов/система контроля запасов и включает в себя: дату прибытия на участок, подробные данные о производителе отходов, подробные данные о всех предыдущих владельцах, индивидуальный идентификатор, результаты анализа предварительной приемки и приемки, тип и размер контейнера (упаковки), намеченная переработка/маршрут размещения, точная регистрация природы и количества отходов, находящихся на участке, включая все виды опасности, где физически размещены отходы по отношению к плану участка, в каком месте в назначенном маршруте размещения отходы находятся в настоящее время и т.д.

г) ведение счета для метода переработки или маршрута размещения, для которого относится определенный тип отходов;

h) ведение регистрации для обеспечения наличия достаточной информа-

ции о том, какие отходы попадают в определенный сосуд/резервуар. Например, как только отходы поступают для хранения навалом или в процесс переработки, отслеживание индивидуальных отходов будет невозможно. Однако можно осуществлять отслеживание остатков/соединений, которые должны складироваться в емкости между операциями удаления ила для того, чтобы избежать любую несовместимость с поступающими отходами;

і) для наливных жидких отходов поддержание регистрации контроля запасов в течение процесса, в то время как контроль отходов в бочках необходимо использовать индивидуальную маркировку каждой бочки для регистрации размещения и длительности хранения;

ј) наличие упаковки (контейнеров) надлежащего качества и системы маркировки для поступающих контейнеров.

Достижимый положительный эффект

Система обеспечивает документальное доказательство переработки, проводимой для определенных отходов, подробное изложение того, когда отходы поступают на участок, откуда они поступают, с какими другими соединениями смешиваются и хранятся и где и когда отгружаются. Эти способы дают возможность оператору обращения с отходами:

- воспользоваться преимуществом любой синергии между отходами;
- предотвратить нежелательные или непредвиденные реакции;
- обеспечить либо предотвращение, либо снижение выбросов;
- управлять производительностью переработки отходов.

Воздействие на окружающую среду

Не идентифицировано.

Ограничения в применении

Обычно требуются компьютерные базы данных. Реализация эффективной системы требует также дополнительной административной работы. Для систем отслеживания необходимо исследовать, что точно должно отслеживаться и когда. Оказание помощи оператору в управлении установкой.

Обычно органы, регулирующие обращение с отходами, требуют от производителя отхода отчет в том, что отходы переработаны согласно всем положениям соответствующего законодательства и техническим правилам. Эта система помогает также отследить, как и когда проводилась переработка.

Применимость

Широко применяется в секторе обращения с отходами. В случае небольших установок для обращения с отходами может быть затруднена адаптация некоторых систем отслеживания (например, документы на компьютерной основе).

Применение некоторых способов, упомянутых выше, может оказаться невозможным, когда установки работают в непрерывном или полунепрерывном режиме. Некоторыми примерами является то, когда жидкие отходы из различных партий собираются в резервуаре для хранения, когда твердые отходы помещаются в бункере и смешиваются с другими отходами или когда физико-химические свойства отходов изменяются. Системы отслеживания для неболь-

ших объемов или количества применять труднее.

Примеры установок

Обычно используются на установках для обращения с отходами. Исключительно важны для установок по перегрузке отходов.

### **3.1.2.4 Повышение эффективности переработки отходов**

Описание

Эффективность переработки отходов в этом разделе относится к повышению полезности конечных продуктов, потреблению сырья и анализу материальных потоков. Способы, относящиеся к эффективности использования энергии, включены в Раздел 4.1.3.4. Некоторые способы, которые можно применять для повышения эффективности переработки отходов, таковы:

а) проведение оценки эффективности процесса переработки в отношении загрязняющих веществ, т.е. в отношении удаления или разделения веществ в процессе, например:

- осаждение металлов из раствора для удаления фильтрата;
- степень переноса между поступающими отходами и выбросами (в воздух, твердые отходы на землю и стоки в канализацию, например, пестициды или растворители);

- использование тепла паров, используемых для предварительного подогрева отработанных масел;

б) анализ параметров эффективности с использованием следующих шагов:

- картографирование процесса – идентификация путей в процессе для определенного вещества или веществ;

- массовый баланс;

с) анализ воздействия вариабельности состава отходов на работоспособность установок для обращения с отходами;

д) мониторинг эффективности. Мониторинг эксплуатационной эффективности можно проводить с помощью контрольно-измерительных приборов, непосредственного наблюдения оператором и химического анализа. Любая программа мониторинга будет обычно связана с расширенной регистрацией, с использованием сочетания компьютеров, регистрирующих устройств и заполняемой вручную логарифмической бумаги;

е) наличие действующих процедур для разделения материалов отходов, и при этом не будет ухудшаться возможность рециклинга разделенных материалов.

Некоторые из этих способов являются иногда частью ISO 9000 и ISO 14001.

Достижимый положительный эффект

На объекте необходимо тщательно проводить мониторинг операций для обеспечения высокой степени эффективности желаемого результата. Оптимизация установок для переработки отходов обычно помогает в достижении более низких выбросов и затрат.

Эксплуатационные особенности

Признано, что для коммерческой жизнеспособности объекты переработки

отходов должны иметь дело с переменными потоками отходов, но это не всегда может быть желательным или эффективным с точки зрения соблюдения соответствия с проектом и процессом обращения с отходами, а также приспособления каждого компонента переменного потока отходов. Поэтому мониторинг отходов и применение подходящего разделения может помочь в достижении повышенной эффективности и экономии.

При некоторых видах переработки отходов приходится иметь дело с весьма изменяющимся диапазоном отходов. Это требует, чтобы установка и оборудование были гибкими и полезными для ряда отходов. Это противоречит способам переработки, используемым для "местной" переработки в помещениях производителя отходов, когда количество потоков отходов ограничено и хорошо определены их характеристики. Эти характеристики местной переработки могут оказать помощь в разработке специализированных способов переработки единичного потока отходов.

#### Экономика

Обычно это косвенно снижает эксплуатационные затраты на установку или затраты на размещение отходов.

#### Применимость

Даже когда на участке тщательно оцениваются все поступающие отходы и уходящие потоки отходов и продуктов, не всегда легко рассчитать рациональный массовый баланс системы. Массовый баланс и анализ материальных потоков для каждой единичной фракции материалов или ингредиентов затруднен, и иногда результаты бывают сомнительными. Это основная причина свойственная поступающим отходам по вариациям.

Примерами подвергаемых рециклингу материалов на установках для физико-химической переработки являются в основном масла, жиры, органические растворители, металлы, соли металлов.

#### Примеры установок

Имеется еще довольно большое количество установок, на которых нет платформенных весов, или для каждого груза не используются платформенные весы.

### **3.1.2.5. Способы управления**

#### Описание

Некоторыми способами являются:

- a) оперативный контроль процесса переработки;
- b) размещение и обслуживание соответствующей инфраструктуры (рациональное управление);
- c) управление стоками (развито в Разделе 4.7.1);
- d) контроль установки на основе анализов, проводимых в лаборатории, которые также определяют программы переработки, требуемый контроль и документацию;
- e) наличие операций на установке, проводимых исключительно специализированным и опытным персоналом (например, на уровне менеджмента: с уни-

верситетским образованием, рабочей специализацией; оперативный уровень: опытные рабочие, лабораторные ассистенты). Квалификацию персонала можно обеспечить с помощью обучения, мер по непрерывному образованию; потребности в знаниях специализированного технического персонала, которые определяются и контролируются в контексте сертификации установки. Связано со способами, описанными в Разделе 4.1.2.10;

f) наличие всех необходимых периферийных структур, требующихся для правильного функционирования предприятия. Это включает в себя, например, границы участка, знаки, определяющие расположение мест парковки и объектов для хранения, освещение, весы, цех и т.д.

Достижимый положительный эффект

Общее улучшение экологической информированности об установке.

Применимость

Регулярное обучение обычно в секторе обращения с отходами.

### ***3.1.2.6. Идентификация экономики масштаба и синергии***

Описание

Когда имеется ряд отдельных установок (в особенности, когда имеются различные операторы), может появиться возможность идентифицировать некоторые широкие проблемы и возможности взаимодействия между установками, благодаря чему будет улучшаться общая работоспособность каждой установки. В частности, с помощью обмена информацией или видами деятельности и повышения сотрудничества. Некоторые примеры этого включают в себя:

a) улучшение процедур общения между различными владельцами разрешений; в частности, это необходимо для обеспечения того, чтобы был минимизирован риск инцидентов в окружающей среде;

b) использование выгод от экономики масштаба для подтверждения установки совместного пользования СНР (теплоэлектроцентральный) (см. подразделы по энергетике в Разделе 3.1.3);

c) объединение горючих отходов для подтверждения комбинированной выработки энергии из отходов (см. подразделы по энергетике в Разделе 3.1.3);

d) использование отходов от одного вида деятельности в качестве сырья для другого вида деятельности;

e) использование очищенного стока от одного вида деятельности, если он обладает адекватным качеством, в качестве сырья для другого вида деятельности;

f) комбинирование стоков для подтверждения комбинированной или модернизированной установки для очистки стоков;

g) предотвращение аварий при одном виде деятельности, которые могут оказывать, в свою очередь, негативное воздействие на деятельность на соседнем объекте;

h) предотвращение загрязнения земли от одного вида деятельности, воздействующего на другой вид деятельности – или возможных проблем, которые один оператор может иметь на земле, которой владеет другой оператор.

Достижимый положительный эффект

Может возрасти эффективность использования энергии, снизиться образование отходов, потребление воды и сбросы в воду от общего комплекса.

Ограничения в применении

Некоторые из этих договоренностей могут быть затруднены, если они относятся к правовым проблемам, связанным с конкуренцией.

Применимость

Применимо, когда идентифицирована синергия и когда проводится больше одного вида деятельности.

Экономика

Обычно снижаются общие затраты на обращение с отходами.

Мотивация для реализации

Обычно повышается экономическая жизнеспособность обращения с отходами.

Примеры установок

В секторе имеется много примеров.

### **3.1.2.7 Предоставление полных подробностей о проводимой деятельности**

Описание

Предоставление адекватного описания деятельности в рамках технологического процесса и применяемого оборудования для борьбы с загрязнениями является важным, дает возможность регулирующим органам получать полное представление о применяемом процессе. Соответствующие элементы, которые могут помочь в изображении надлежащей картины установки, включают в себя:

- a) описание методов переработки отходов и процедур, используемых на установке;
- b) схему установки с представлением трубопроводов и контрольно-измерительной аппаратуры;
- c) диаграммы основных элементов установки, которые имеют определенную важность для окружающей среды, а также схемы технологических процессов (схематично). Например, проектные схемы объектов для хранения, резервуаров, устройств для переработки и борьбы с загрязнениями, хотя в отрыве этого обычно недостаточно для того, чтобы сделать надлежащую экологическую оценку;
- d) сведения о химических реакциях и кинетики реакций/энергетического баланса;
- e) опись оборудования, детализация типа установки и расчетные параметры, например, точка воспламенения;
- f) подробные сведения о типах отходов, подвергаемых переработке;
- g) принципы системы контроля и каким образом система контроля включает в себя информацию о мониторинге окружающей среды;
- h) подробности системы вентиляции и аварийных мероприятий;
- i) процедуры эксплуатации и обслуживания;
- j) подробности действия защиты, предусмотренной в течение аварий-

ных условий эксплуатации, таких как мгновенные прекращения работы, пуск и останов.

Помимо этого, что касается информации, то для информатора важно:

к) иметь доступ ко всем необходимым системам регулирования, относящимся к эксплуатационной безопасности и порядку и графику производства работ, перед началом работы установки;

л) иметь инструкцию по эксплуатации. В инструкции по эксплуатации содержится описание всех мер, необходимых для обеспечения надлежащего и безопасного размещения отходов, происходящего в условиях нормальной работы, технического обслуживания и в течение нарушений режима эксплуатации. Все процессы должны быть согласованы с программами аварийной сигнализации и действий в чрезвычайных ситуациях. В инструкции по эксплуатации содержатся также подробные сведения об обязанностях и ответственностях рабочего персонала, производственных инструкциях, порядка проведения обслуживания и инспекции, а также об отчетности, ведении документации и требованиях к хранению. Эта инструкция должна обновляться по мере необходимости и должна быть в наличии перед началом работы установки;

м) иметь эксплуатационный журнал с подробным описанием рабочих условий и данных о надлежащей эксплуатации установки. Эксплуатационный журнал должен содержать всю важную информацию, относящуюся к повседневной эксплуатации установки для обращения с отходами, и в частности:

- регистрацию всех отходов, перерабатываемых на установке, и любых других материалов, которые подвергаются рециклингу или размещению за пределами установки;
- выполнение функций реестра принимаемых отходов;
- выполнение функций реестра любых материалов, подвергаемых рециклингу или размещаемых за пределами установки;
- документальное подтверждение спорных ситуаций, например, в случаях, когда поставляемый материал отходов не соответствует информации, содержащейся в документации перед приемкой. В этом случае в журнале должны быть подробно отражены все принятые меры;
- регистрацию особых чрезвычайных происшествий, и в особенности подробное описание всех нарушений режима эксплуатации, включая подробные сведения о возможных причинах и принятых корректирующих мерах;
- регистрацию рабочего времени и времени простоя установки;
- регистрацию результатов обследований и мер самоконтроля;
- регистрацию характера и области действия всех мер обслуживания;
- регистрацию результатов функционального контроля;

п) ведение оперативного журнала с обновлением. Необходимо также документально подтверждать все дополнительные подтверждающие утверждения, требуемые соответствующими органами, в оперативном журнале. В одной системе в оперативном журнале могут содержаться собранные одинарные таблицы, заполненные лицами из различных производственных объектов. Оператив-

ным журналом можно также управлять с использованием электронной обработки данных. Независимо от того, ведется ли журнал в электронном или бумажном формате, он всегда должен надежно храниться и быть защищен от несанкционированного доступа;

о) сохранять оперативный журнал в течение пяти лет;

р) отчитываться незамедлительно о любой аварии, которая привела к значительному отклонению от нормальной работы перед ответственным органом, в частности тем, которые обязаны останавливать установку;

q) подготовка и ежегодное обследование проводимой деятельности и перерабатываемых отходов. В ежегодном обследовании может также содержаться квартальный балансовый отчет потоков отходов и остатков, включая используемые вспомогательные материалы для каждого участка. Результаты ежегодного обследования должны передаваться соответствующему органу в течение периода три месяца после конца года.

Достижимый положительный эффект

Оказывается помощь в оценке предложений операторов, и в частности, имеются возможности дальнейших улучшений.

Воздействие на окружающую среду

Не известно.

Эксплуатационные особенности

Управление операциями.

Применимость

Полностью применимо ко всем установкам для обращения с отходами. Однако способ d (см. описание выше) иногда, как представляется, трудно применим к некоторым установкам вследствие сложных смесей, которые представляют некоторые отходы, а также вариабельности состава отходов.

Ограничения в применении

Это обычно часть разрешения на эксплуатацию.

Примеры установок

Обычная практика.

### ***3.1.2.8. Инструменты управления качеством окружающей среды***

Описание

Наилучшие экологические показатели обычно достигаются с помощью установления наилучшей технологии и ее реализации наиболее эффективным и действенным образом. Это признается в определении Директивы IPPC "технологического оснащения" как "используемой технологии, так и способа, с помощью которого установка проектируется, создается, обслуживается, эксплуатируется и выводится из эксплуатации".

Для установок IPPC Система управления качеством окружающей среды (EMS) является инструментом, который оператор может использовать при обращении к проблемам проектирования, строительства, обслуживания, эксплуатации и вывода из эксплуатации системным, наглядным способом. EMS вклю-

чает в себя организационную структуру, ответственности, практические приемы, процедуры, процессы и ресурсы для разработки, выполнения, поддержания, проверки и мониторинга политики в области окружающей среды. Системы управления качеством окружающей среды являются наиболее эффективными и действенными, когда они составляют неотъемлемую часть общего управления и эксплуатации установки.

В Европейском Союзе многие организации приняли решение на добровольной основе внедрять системы управления качеством окружающей среды на основе стандарта EN ISO 14001:1996 или Схемы ЕС Экологического менеджмента и аудита (EMAS). EMAS включает в себя требования к системе управления EN ISO 14001, но ставит дополнительный акцент на нормативно-правовом соответствии, экологических показателях и участии работающих; она также требует внешнего подтверждения системы управления и обоснования общественного экологического заключения (в EN ISO 14001 само декларация является альтернативой внешнего подтверждения). Имеется также много организаций, которые принимают решение ввести в действие не стандартизованные EMS.

В то время, как обе стандартизованные системы (EN ISO 14001:1996 и EMAS) и не стандартизованные ("индивидуальные") системы, в принципе, принимают организацию как объект, в этом документе принимается более узкий подход, не включающий все виды деятельности организации, например, в отношении к ее продукциям и услугам, вследствие того факта, что регулируемым объектом в рамках Директивы IPPC является установка (как определено в Статье 2).

Система управления качеством окружающей среды (EMS) для установки IPPC, однако, может содержать следующие компоненты:

- определение экологической политики;
- планирование и определение целей и заданных значений;
- выполнение и последовательность операций;
- проверка и корректирующие действия;
- проверка управления;
- подготовка регулярного экологического заявления;
- подтверждение сертификационным органом или внешним контролером EMS;
- проектные соображения в отношении вывода из эксплуатации установки, окончившей срок службы;
- разработка чистых технологий;
- сравнительный анализ;

Эти черты объясняются в несколько более подробном виде далее. Для получения подробной информации о компонентах (a) – (g), которые включены в EMAS, читатель отсылается к справочной литературе, указанной ниже.

a) определение экологической политики;

Руководители высшего звена несут ответственность за определение экологической политики для установки и обеспечивают, что она:

- соответствует природе, масштабу и воздействиям своей деятельности на

окружающую среду;

- включает обязательства по предотвращению и контролю загрязнений;
- включает обязательства по соблюдению всех соответствующих положений применимого экологического законодательства и регламентов и других требований, которые поддерживает организация;
- предусматривает основы для установления и проверки экологических целей и заданных значений;
- документально оформлена и доведена до всех работающих;
- имеется в наличии для общественности и всех заинтересованных сторон;

б) планирование, т.е.:

- процедуры для идентификации экологических аспектов установки, для того, чтобы определить те виды деятельности, которые имеют или могут иметь значительные воздействия на окружающую среду, и обновление этой информации;
- процедуры для идентификации и наличие доступа к правовым и другим требованиям, которые поддерживает организация и которые применимы к экологическим аспектам ее деятельности;
- определение и проверка документально оформленных экологических целей и заданных значений с учетом правовых и других требований и точек зрения заинтересованных сторон;
- составление и регулярное обновление программы экологического менеджмента, включая назначение ответственности за достижение целей и заданных значений в отношении каждой важной функции и уровня, а также мер и временных рамок, в течение которых они достигаются;

с) выполнение и последовательность операций;

Важно иметь действующие системы для обеспечения того, чтобы процедуры были известны, поняты и выполнялись, поэтому, эффективный экологический менеджмент включает в себя:

- структуру и ответственность;
- определение, ведение документации и роли в информационном взаимодействии, ответственности и органы власти, которые включают назначение специального представителя, ответственного за управление;
- предоставление ресурсов, важных для реализации и контроля системы экологического менеджмента, включая человеческие ресурсы и специальные навыки, технологию и финансовые ресурсы;
- обучение, информированность и компетенция;
- идентификация потребностей в обучении для обеспечения того, чтобы весь персонал, работа которого может оказывать значительное воздействие на окружающую среду, проходил соответствующее обучение;
- информационное взаимодействие;
- установление и поддержание процедур для внутренней связи между различными уровнями и функциями установки, а также процедур, которые способствуют диалогу с внешними заинтересованными сторонами, и процедур для

получения, документального сопровождения и когда это обосновано, реагирование на важные сообщения от внешних заинтересованных сторон;

- участие работающих;
  - участие работающих в процессе с целью достижения высокого уровня экологических показателей с помощью применения соответствующих форм участия, таких как система книги предложений или работа группы на проектной основе, либо экологические комитеты;
  - документация;
  - организация и поддержание обновления информации в бумажной или электронной форме для описания основных элементов системы управления и их взаимодействия и для руководства ведением соответствующей документации;
  - эффективный контроль процесса;
  - адекватный контроль процесса при всех режимах работы, т.е. при подготовке, пуске, штатном режиме, останове и ненормальных условиях;
  - идентификация ключевых технико-экономических показателей и методов для измерения и контроля этих показателей (например, расхода, давления, температуры, состава и количества);
  - ведение документации и анализ ненормальных рабочих условий для идентификации корневых проблем, а затем обращение к обеспечению того, чтобы такие события не повторялись (это облегчается с помощью режима работы "без обвинения", когда идентификация причин является более важной, чем наказание отдельных лиц);
  - программа обслуживания;
  - подготовка структурированной программы для обслуживания, основанной на технических описаниях оборудования, норм и т.д., а также любых неисправностей оборудования и их последствий;
  - поддержка программы обслуживания с помощью соответствующих систем регистрации и диагностических проверок;
  - четкое распределение ответственности за планирование и выполнение обслуживания
  - мероприятия по аварийному реагированию и обеспечению готовности;
  - установление и соблюдение процедур для идентификации возможности и реагирования на аварии и чрезвычайные ситуации, и для предотвращения и ослабления воздействий на окружающую среду, которые могут быть связаны с ними;
- d) проверка и корректирующие действия, т.е.:
- мониторинг и измерения;
  - составление и поддержание документально подтверждаемых приемов для мониторинга и измерений на регулярной основе ключевых показателей операций и видов деятельности, которые могут оказывать значительное воздействие на окружающую среду, включая регистрацию информации для отслеживания функционирования важных элементов оперативного контроля и соответствия с целями и заданными значениями экологических характеристик установки (см. также Справочный документ по мониторингу выбросов) [68, EIPPCB, 2003];

- установление и поддержание документальной процедуры для периодической оценки соответствия с важнейшими положениями экологического законодательства и регламентов;

- корректирующие и превентивные действия:

- установление и исполнение процедур для определения ответственности и полномочий для управления и исследования несоответствий с условиями разрешения, других законодательных требований, а также целей и заданных значений, принятие действий для ослабления любых воздействий и для начала и выполнения корректирующих и превентивных действий, которые будут соответствовать масштабу проблемы и соизмеримы с воздействиями на окружающую среду;

- документация:

- установление и исполнение процедур для идентификации, поддержания и размещения разборчивой, идентифицируемой и отслеживаемой экологической документации, включая документацию об обучении и результаты аудита и проверок;

- аудит:

- установление и выполнение программ и процедур для периодического аудита систем экологического менеджмента, которые включают в себя обсуждения с персоналом, контроль рабочих условий и оборудования и проверку документов и документации и результаты в виде письменного отчета, осуществляемые беспристрастно и объективно сотрудниками (внутренний аудит) или внешними сторонами (внешний аудит), охватывающие область аудита, частоту и методологии, а также ответственности и требования для проведения аудита и результатов отчетности, для того, чтобы определить, соответствует ли система экологического менеджмента запланированным соглашениям и должным ли образом она реализуется и поддерживается

- выполнение аудита или цикла аудита в соответствующих случаях с интервалами на больше, чем три года, в зависимости от характера, масштаба и сложности деятельности, значимости соответствующих воздействий на окружающую среду, важности и срочности проблем, обнаруженных при проведении прежних аудитов и характера изменения экологических проблем – более сложные виды деятельности с более значительными воздействиями на окружающую среду контролируются более часто

- периодическая проверка соблюдения правовых норм

- проверка соответствия с применяемым природоохранным законодательством и условиями выдачи природоохранных разрешений для установки

- оценка документации

е) проверка менеджмента, т.е.:

- проверка высшим звеном управления через определенные интервалы времени системы экологического менеджмента для обеспечения ее непрерывной пригодности, адекватности и эффективности

- обеспечение того, чтобы собиралась необходимая информация, которая по-

зволит менеджменту проводить эту оценку

- документальное оформление проверки

f) подготовка регулярного экологического заявления:

- подготовка экологического заявления, в котором особое внимание уделяется результатам, достигнутым на установке в отношении экологических целей и заданных значений. Это делается регулярно – от одного года до менее часто проведения в зависимости от важности выбросов, образования отходов и т.д. В заявлении рассматриваются информационные потребности важных заинтересованных сторон, и оно общедоступно (например, в виде электронных публикаций, библиотек и т.д.)

- при подготовке заявления оператор может использовать важные существующие экологические показатели, будучи уверенным, что выбранные показатели:
  - дают точную оценку работоспособности установки
  - являются понятными и однозначными
  - дают возможность проведения сравнений из года в год для оценки изменения экологических показателей установки
  - дают возможность проведения сравнений с сектором, национальными или региональными контрольными показателями в случае необходимости
  - дают возможность проведения сравнений с нормативными требованиями в случае необходимости

46

g) подтверждение сертификационным органом или внешним контролером EMS:

- наличия системы менеджмента, процедуры аудита и экологического заявления, проверенных и подтвержденных аккредитованным сертификационным органом или внешним контролером EMS. Такое подтверждение, выполненное надлежащим образом, повышает доверие к системе

h) проектные соображения в отношении вывода из эксплуатации установки, завершившей срок службы

- рассмотрение воздействия на окружающую среду от окончательного вывода из эксплуатации установки на стадии проектирования новой установки, так как предусмотрительность делает вывод из эксплуатации легче, чище и дешевле

- вывод из эксплуатации вызывает риски загрязнения земли (и подземных вод) и образования больших количеств твердых отходов. Превентивные способы являются специализированными, но общие соображения могут включать в себя:

- предотвращение использования подземных конструкций
- введение характерных элементов, которые облегчают снос
- выбор методов обработки поверхности, которые облегчают удаление загрязнений
- использование оборудования с такой конфигурацией, которая минимизирует захват химических веществ и облегчает водоотвод или промывку
- проектирование гибких, автономных устройств, которые дают возможность последовательного закрытия

- использование при возможности биоразлагаемых и подвергаемых рециклингу материалов

i) разработка чистых технологий:

- защита окружающей среды должна быть неотъемлемой характеристикой любой проектной деятельности, проводимой оператором, так как способы, введенные на самом раннем этапе проектирования являются, как более эффективными, так и более дешевыми. Рассмотрение разработки чистых технологий может, например, происходить с помощью научно-исследовательских разработок и деятельности. В качестве альтернативы внутренней деятельности можно при необходимости работать на комиссионной основе с другими операторами или научно-исследовательскими институтами, действующими в соответствующей области

j) сравнительный анализ

- проведение систематических и регулярных сравнений с сектором, национальными и региональными критериями, включая эффективное использование энергии и деятельность по экономии энергии, выбор сырьевых материалов, выбросы в воздух и сбросы в воду (используя, например, Европейский регистр выбросов загрязняющих веществ, EPER), потребление воды и образование отходов.

Стандартизованные и не стандартизованные EMS

EMS могут принимать форму стандартизованных и не стандартизованных (“индивидуальных”) систем. Реализация и приверженность принятой на международном уровне стандартизованной системе, такой как EN ISO 14001:1996, может дать большее доверие EMS, в особенности, когда такие системы подвергаются должным образом проводимому внешнему подтверждению. EMAS дает дополнительное доверие вследствие взаимодействия с общественностью с помощью экологического заявления и механизма для обеспечения соответствия с применимым природоохранным законодательством. Однако не стандартизованные системы могут быть в принципе в равной степени эффективными при условии, что они должным образом спланированы и претворяются в жизнь.

Достижимый положительный эффект

Реализация и приверженность EMS связаны с тем, что внимание оператора сосредоточено на экологических показателях установки. В частности, обслуживание и соответствие четким эксплуатационным процедурам, как для нормальной, так и для ненормальной ситуации и соответствующие сферы компетенции должны обеспечить, что условия разрешения эксплуатации установки и другие экологические заданные значения и цели будут соблюдаться в любой момент времени.

Системы экологического менеджмента обычно обеспечивают непрерывное улучшение экологических показателей установки. Чем более низкого качества стартовая позиция, тем большие можно ожидать кратковременные улучшения. Если установка уже имеет хорошие общие экологические показатели, система оказывает помощь оператору в поддержании высокого уровня работоспособности.

Воздействие на окружающую среду

Способы экологического менеджмента планируются для обращения к общему воздействию на окружающую среду, что совпадает с комплексным подходом ИРПС.

Эксплуатационные особенности

Не сообщалась специальная информация.

Применимость

Компоненты, описанные выше, обычно могут применяться ко всем установкам ИРПС. Область действия (например, уровень подробностей) и характер EMS (например, стандартизованная или не стандартизованная) должны обычно относиться к характеру, масштабу и сложности установки, и может иметься диапазон воздействий на окружающую среду.

Экономика

Трудно точно определить затраты и экономические выгоды от введения и поддержания хорошей EMS. Ниже представлен ряд исследований. Однако это только примеры, и их результаты не полностью согласуются. Они могут быть не представительными для всех секторов ЕС, и, таким образом, их следует трактовать с осторожностью.

В шведском исследовании, проведенном в 1999 г., обследованы все 366 сертифицированных по ISO и зарегистрированных в рамках EMAS компаний в Швеции. При доле ответивших при обследовании 50% среди прочего были сделаны следующие выводы:

- затраты на внедрение и обслуживание EMS являются высокими, но не чрезмерно, экономия не отмечена в случае очень малых компаний. Ожидается, что затраты в будущем снизятся
- представляется, что более высокая степень координации и интеграции EMS с другими системами управления является возможным способом для снижения затрат
- половина всех экологических целей и заданных значений позволит окупить затраты в течение одного года за счет экономии затрат и (или) роста дохода
- самая большая экономия затрат происходит за счет снижения затрат на энергию, обращение с отходами и сырье
- большинство компаний полагает, что их позиция на рынке была упрочена с помощью EMS. Треть компаний сообщила о росте дохода благодаря EMS.

В некоторых государствах-членах снижаются платежи за надзор, если установка имеет сертификат.

В ряде исследований ([77, Klemisch and Holger, 2002], [78, Clausen. Et al., 2002]) показано, что имеется обратное соотношение между размером компании и затратами на реализацию EMS. Подобное обратное соотношение существует для срока окупаемости инвестированного капитала. Оба элемента подразумевают менее благоприятное соотношение между затратами и результатами для реализации EMS в малых и средних предприятиях по сравнению с крупными компаниями.

Согласно швейцарскому исследованию, средние затраты на создание и функционирование ISO 14001 могут изменяться:

- для компании с числом сотрудников от 1 до 49: (64000 швейцарских франков) 44000 евро для создания EMS и (16000 швейцарских франков) 11000 евро в год для функционирования ее.
- для промышленного участка более, чем с 250 сотрудниками: (367000 швейцарских франков) 252000 евро для создания EMS и (155000 швейцарских франков) 106000 евро в год для функционирования ее.

Эти средние значения необязательно представляют реальные затраты для данного промышленного участка, поскольку эти затраты также в значительной мере зависят от количества значимых элементов (загрязняющие вещества, потребление энергии и т.д.) и от сложности исследуемых проблем.

В недавнем немецком исследовании показаны следующие затраты (см. табл. 3.7) для EMAS для различных отраслей. Можно отметить, что значения были намного ниже, чем те, которые приводились в швейцарском исследовании. Это подтверждает трудности в определении затрат на EMS.

**Таблица 3.7 ЗАТРАТЫ НА ПРИМЕНЕНИЕ EMAS**

Затраты на создание(евро)	Затраты на легализацию (евро)
Диапазон: 18750-75000	Диапазон: 5000-12500
Средние: 50000	Средние: 6000

В исследовании Института предпринимателей Германии приведена информация о средней экономии, достигаемой для EMAS за год, и среднем сроке окупаемости. Например, для затрат на функционирование в 80000 евро выявлена средняя экономия в 50000 евро в год, что соответствует сроку окупаемости примерно в 1,5 года.

Внешние затраты, относящиеся к подтверждению системы, можно оценить с помощью руководства, выпущенного Международным форумом по аккредитации

Ограничения в применении

Системы экологического менеджмента могут дать различных преимуществ, например:

- улучшенное представление об экологических аспектах компании
- улучшение основ для принятия решений
- улучшение мотивации персонала
- дополнительные возможности для снижения эксплуатационных затрат и повышения качества продукции
- улучшение экологических показателей
- улучшение имиджа компании
- снижение затрат на страхование ответственности и несоответствие требованиям
- повышение привлекательности для сотрудников, заказчиков и инвесторов
- повышение доверия регулирующих органов, что может привести к сниже-

нию уровня надзора

- улучшение отношений с экологическими группами.

Примеры установок

Особенности, описанные выше в рамках пунктов (а) – (е), являются элементами EN ISO 14001:1996 и Схемы EMAS ЕС, в то время как особенности (f) и (g) являются характерными для EMAS. Эти две стандартизованные системы, согласно отчетам, применяются для семи установок по обращению с отходами. Сообщенные примеры относятся к установкам для переработки отработанных масел, отработанных растворителей, приготовлению твердого топлива из опасных и неопасных отходов.

### ***3.1.2.9 Содействие надлежащему сотрудничеству между производителем и владельцем отходов***

Описание

Обычно можно говорить, что варианты, выбранные в начале цепи, могут дать наибольшую выгоду и что предотвращение лучше, чем переработка. Таким образом, действия, предпринимаемые производителем и владельцем отходов, могут оказывать большое воздействие на отходы. Такой прием, таким образом, концентрируется на попытке оказать влияние на производителя и владельца отходов и при наличии проблем – на попытке изменения плохих традиций обращения с отходами производителя и владельца.

Достижимый положительный эффект

Установки для переработки отходов в значительной степени основаны на связях с предшествующей логистикой, действиями и компаниями, особенно если это может помочь предотвратить использование очень дорогих решений для переработки отходов.

Применимость

Иногда бывает очень трудно убедить производителей и владельцев изменить их привычки. Помимо этого, контроль за производителем отходов осуществляют органы власти.

Экономика

Обычно при этом снижаются затраты на переработку отходов.

Ограничения в применении

Попытка снизить затраты на переработку. Этот прием относится к Статье 3(с) в части обязательств производителей отходов в секторе согласно IPPC и для производителей, не подпадающих под IPPC, согласно Статье 2 Директивы об опасных отходах (91/689/ЕЕС).

Примеры установок

Физико-химические установки для очистки сточных вод. Сточные воды, образующиеся в течение переработки отходов в установке для физико-химической переработки, содержат недопустимо высокие уровни органических материалов, представляемых как АОХ. Для отделения этих органических материалов или для их преобразований в сточных водах должны использоваться технически до-

рогие и отчасти энергоемкие процедуры, такие как адсорбция или окисление.

Решение этой задачи, не зависящее от процесса, состоит в раздельном сборе органических материалов – представляемых как АОХ – непосредственно в месте, где они образуются, и таким образом, они затем не смешиваются с перерабатываемыми отходами и не могут загрязнить сточные воды, образующиеся в течение переработки отходов. Поэтому ограничивается необходимость в применении вышеупомянутых процедур для снижения доли органических материалов, представляемых как АОХ.

АОХ нельзя разделить с помощью адсорбции активированным углем. Становится ясно, что раздельный сбор материалов оказался в случае АОХ определенно более эффективным. На практике такие типы веществ стараются жестко разделять.

Операция дистилляции должна работать вместе логистически для того, чтобы осуществлять раздельный сбор материалов для подготовки в соответствии с критериями дистилляции. Это сотрудничество осуществляется на практике, и оно оказалось удачным.

### ***3.1.2.10 Использование квалифицированного персонала на объектах***

Описание

Некоторыми примерами являются:

а) общие положения: в любое время оператор установки по обращению с отходами нуждается в наличии достаточного количества персонала с определенной квалификацией. Весь персонал должен проходить специальное профессиональное обучение и последующее обучение

б) контролирующий персонал: контролирующий персонал и все руководители отделов на установке по обращению с отходами должны быть надежными в работе и технически грамотными, и они должны обладать соответствующим практическим опытом. Техническая квалификация может быть получена в рамках успешно завершенного курса в государственном или поддерживаемом государством техническом университете, университете прикладных наук или в инженерной школе. Технический опыт также подтверждается на основе сравнительного обучения или многих лет практического опыта

с) другой персонал: другой персонал должен быть надежным в работе и технически квалифицированным. Эта техническая квалификация может быть основана, например, на официальном присвоении классности в таких областях как коммунальное обслуживание и размещение отходов, на многолетнем практическом опыте или на сравнительном обучении.

Достигаемый положительный эффект

Улучшение экологических показателей объекта. Квалифицированный персонал и обучение являются важнейшими в операциях по обращению с отходами, как для производителей отходов (сортировка, сбор и т.д.), так и для оператора по обращению с отходами. Здоровье, безопасность, надежность и защита окружающей среды, все это зависит от правильного управления установкой

и в результате от квалификации рабочих.

Воздействие на окружающую среду

Не известны.

Эксплуатационные особенности

Это инструмент управления.

Применимость

Полностью применимо ко всему сектору обращения с отходами.

Экономика

Квалифицированный персонал обычно обходится дороже. Введение программ обучения (либо внутри организации, либо в рамках внешнего субподряда) повлечет некоторые дополнительные затраты для оператора.

Примеры установок

В секторе имеется много примеров. Бывают случаи, когда поставляемые отходы могут вызвать проблемы, так что будет выгодно, если персонал установки готов к проблематике отходов. Однако персонал должен быть информирован обо всех материалах, которые могут вызвать проблемы в течение переработки. В зависимости от применяемого оборудования это могут быть крупногабаритные части или другие компоненты типа металлов. Если персонал предупрежден об опасности, может быть гарантирована почти непрерывная переработка с небольшим диапазоном флуктуаций качества.

52

### **3.1.3 Управление коммунальными услугами и сырьем**

#### **3.1.3.1 Распределение потребления и генерации энергии по источникам**

Описание

Для того чтобы усовершенствовать энергетическую систему с экологической точки зрения, необходимо хорошо понимать систему и полностью ее описать. Ниже даны некоторые приемы, которые можно использовать:

а) отчетная информация о потреблении энергии в переводе на поставляемую энергию. Для электроэнергии это можно пересчитать в потребление первичной энергии с использованием национальных/региональных факторов (например, в Соединенном Королевстве для коммунального электроснабжения обычно используется пересчетный коэффициент 2,6). Примерный формат того, как можно представить информацию, приведен в табл. 3.8:

**Таблица 3.8 - ОТЧЕТНОСТЬ О ПОТРЕБЛЕНИИ ЭНЕРГИИ**

Источник энергии	Потребление энергии		
	Поставляемая (МВт-час)	Первичная (МВт-час)	% от общего
Электроэнергия*			
Газ			
Жидкие топлива			
Отходы			
Прочее (для определения оператора)			
* с определением источника			

- б) отчетность об энергии, отводимой с установки;
- с) представление информации о потоке энергии (например, диаграммы или энергетические балансы), показывающей как используется энергия в процессе. Эта информация может позволить операторам определять или рассчитывать удельное потребление энергии установкой.

#### Достижимый положительный эффект

Оценка снижения выбросов от энергетической системы может проводиться только при надлежащем учете действительно образующихся выбросов. Разбивка между генерацией и потреблением может помочь оптимизировать совместимость между ними, и, следовательно, оптимизировать использование энергетических ресурсов.

#### Воздействие на окружающую среду

В некоторых случаях выгоды для окружающей среды от этой статьи ограничены. Причина состоит в том, что возможность снижения потребления на существующей установке может быть довольно ограниченной, и возможные усилия для снижения потребления необходимо сбалансировать с возможными более высокими выбросами от переработки.

#### Применимость

Полностью применимо для всего сектора обращения с отходами. Однако в определенных обстоятельствах (например, историческое развитие установки/участка, управление установкой) могут быть затруднения в отношении потребления для каждого единичного процесса/переработки, проводимой во всем процессе обращения с отходами. Такая отчетность обычно проводится каждый год или раз в полгода. Более высокая частота может применяться в случае более высокой вариации в типах перерабатываемых отходов.

#### Экономика

Потребности являются базовыми и низко затратными.

Предпосылки для реализации

Снижение затрат на энергию.

### **3.1.3.2 Использование (экологически) чистых топлив**

#### Описание

Использование чистых топлив оказывает непосредственное воздействие на выбросы при сжигании этих топлив. Топлива с низким содержанием углерода, серы или твердых частиц на единицу энергии будут приводить к более низким выбросам. Например, рассмотрим использование транспортных средств с электроприводом или работающих на сжиженном нефтяном газе. Использование чистых топлив может привести к конфликту, когда энергия утилизируется из отходов (например, использование отходов в качестве топлива в следующем разделе 4.1.3.3), так как из них могут образоваться больше выбросов в определенных обстоятельствах. Такую проблему необходимо анализировать в индивидуальном порядке.

#### Достижимый положительный эффект

Снижение в основном выбросов оксидов углерода, серы, азота и твердых частиц.

Экономика

Обычно чистые (экологически) топлива являются более дорогими.

### **3.1.3.3 Использование отходов в качестве топлива**

Описание

Отходы можно использовать в качестве топлива на некоторых установках для переработки отходов. Большая часть этих установок охвачена в WID (Директива ЕС по сжиганию отходов) и в BREF WI (сжигание отходов), и здесь не рассматривается. Однако использование газообразного топлива от установок с отходами (например, полигонного и биогаза) и определенных типов опасных отходов (например, определенных фракций отработанных масел) не охвачено в этих документах. При использовании этих типов топлив можно рассмотреть некоторые соображения:

а) сертифицированные горелки, т.е. сертифицированные таким образом, что сжигание происходит на том уровне, который требуется;

б) правила, относящиеся к приемлемым условиям для сжигания, которые включают:

- правильное обслуживание и работа горелок для обеспечения максимального сжигания;

- контроль, как мощности горелки, так и объема сжигаемого масла;

с) использование оборудования для контроля загрязнений, которое прилагается к горелкам, и мониторинг выбросов и размещения золы (см. Раздел 3.6).

Достижимый положительный эффект

Используемые ресурсы обычно имеются на участке. Вследствие высоких стандартов, требующихся WID, при сжигании отходов обычно образуются пониженные выбросы.

Воздействие на окружающую среду

На некоторых установках с низким уровнем контроля при сжигании отходов могут образовываться повышенные выбросы некоторых веществ.

Экономика

Обычно отходы как топливо дешевле, чем обычные топлива. Например, вероятно, при контроле за небольшими горелками, в которых сжигаются отработанные масла, будет выявлен максимальный выброс загрязняющих веществ из горелок. Это потребует, чтобы те, кто сжигает отработанные масла, провели испытание на предмет выбросов в воздух для обеспечения того, что эти выбросы не превышали установленного уровня. И это, вероятно, будет менее эффективно и дороже, чем установка входного контроля. В случае использования небольших количеств отработанных масел в качестве топлива проверка воздушных выбросов затруднена и дороже, чем проверка поступающего масла, и если выбросы превышают установленные уровни, может быть нанесен некоторый ущерб перед тем, как можно будет отключить горелку. Для небольших горелок

затраты на выходной контроль могут, вероятно, подавить финансовую выгоду от сжигания отработанных масел по сравнению с другими топливами. Выходной контроль для размещения золы должен быть направлен на то, как, и где можно безопасно разместить золу.

Ограничения в применении

Сжигание отходов охвачено Директивой 2000/76/ЕС.

Примеры установок

Например, на установках для регенерации отработанных масел используют легкие фракции нефтепродуктов от дистилляции отработанных масел в качестве топлива. Сжигание с очисткой дымовых газов с использованием едкого натра может потребоваться для снижения выбросов кислых газов от установки для переработки отработанных масел. Затем проводится очистка технической воды для удаления H<sub>2</sub>S с направлением отходящих газов в подогреватели для термической деструкции, а затем в воздух через систему очистки дымовых газов.

Крупные горелки, работающие на любом виде топлива, уже требуют наличия оборудования для борьбы с выбросами, а для многих необходим также мониторинг их выбросов, так как существует возможность выбросов, если иногда режим работы горелок ведется неправильно.

### **3.1.3.4 Меры для повышения эффективности использования энергии**

Описание

Некоторыми приемами, применимыми для повышения эффективности использования энергии на установках для обращения с отходами, являются:

- а) разработка плана повышения эффективности использования энергии, в котором будут оценены затраты и результаты различных энергетических вариантов;
- б) включение способов управления энергией как часть всей системы экологического менеджмента (EMS), включая мониторинг потоков энергии и планирование областей для снижения;
- с) использование комбинированного производства тепловой и электрической энергии (СНР);
- д) применение мер по эксплуатации, обслуживанию и управлению для самых важных установок, потребляющих энергию, таких как:
  - системы кондиционирования воздуха, охлаждения по ходу технологического процесса и охлаждения (утечки, уплотнения, контроль температуры, обслуживание испарителя/конденсатора);
  - эксплуатация двигателей и приводов (например, высокоэффективных двигателей)
  - системы сжатого газа (утечки, процедуры для использования);
  - системы распределения пара (утечки, ловушки, изоляция);
  - системы отопления помещений и горячего водоснабжения;
  - смазка для предотвращения высоких потерь на трение (например, смазка распылением);

- обслуживание котла, например, оптимизация избытка воздуха;
- другие виды обслуживания, важные для деятельности на установке;
- проверка требований к оборудованию на регулярной основе;
- минимизация проливов и утечек с помощью использования маслосборника. Большинство проливов топлива следует смывать в основной отводной коллектор на участке;

е) использование способов, которые снижают потребление энергии, и, тем самым, снижают как непосредственные (тепловые выбросы и выбросы, образующиеся на участке), так и косвенные (выбросы от отдаленной электростанции). Например, способы, охватывающие:

- изоляцию зданий;
- эффективное использование энергии для освещения участка;
- обслуживание транспортных средств;
- эффективная планировка оборудования установки для уменьшения расстояний откачивания;
- ступенчатая оптимизация работы вентиляльных электродвигателей;
- утилизация тепла;
- обеспечение отключения оборудования, если это безопасно, когда оно не используется;

• обеспечение минимального перемещения транспортных средств на участке и отключение двигателей, когда они не используются;

ф) применение базовых, физических способов с низкими затратами для того, чтобы избежать высокую неэффективность, включая изоляцию, методы герметизации (например, уплотнения и самозакрывающиеся двери), и предотвращение необязательных сбросов горячей воды или выбросов горячего воздуха (например, с помощью установки простых систем контроля);

г) применение способов эффективного использования энергии для коммунальных услуг;

h) установление времени работы оборудования с высоким потреблением энергии во внепиковые периоды;

і) определение и расчет удельного потребления энергии для отдельных видов деятельности, установление ключевых показателей эффективности на ежегодной основе (например, МВт-час/т перерабатываемых отходов). Например, на основе потребления первичной энергии для продукции из поступающего сырья, которое должно как можно больше соответствовать основной цели производительности установки;

ј) минимизация выбросов от дизельных двигателей;

к) использование свалочного газа для производства электрической и тепловой энергии;

l) проведение энергетического обследования для идентификации возможностей дополнительной экономии энергии;

м) использование тепла печей и двигателей для процессов испарения, сушки и деятельности, связанной с подогревом;

п) выбор подходящих отходов для переработки в установке. Обычно установки не проектируются для переработки определенных типов отходов с потреблением большого количества энергии.

Достижимый положительный эффект

План эффективного использования энергии можно подготовить в формате, сходном с примером, приведенным в табл. 3.8, вместе с дополнительной информацией о любой проводимой процедуры оценки. Требуется план для обеспечения того, чтобы оператор рассмотрел все уместные способы.

**Таблица 3.9 ЭКОНОМИЯ ВЫБРОСОВ CO<sub>2</sub> ОТ ИНТЕГРАЦИИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ**

Вариант эффективного использования энергии	Экономия CO <sub>2</sub> в тоннах	
	Годовая	В течение срока службы
Установка CHP 7 МВт-час	13500	135000
Высокоэффективный электродвигатель	2	14
Сжатый воздух	5	п.а.

п.а. – нет сведений

Использование плана эффективного использования энергии и переход на экологически чистые топлива может снизить потребление энергии и выбросы в окружающую среду от этого использования энергии. Повышение эффективности использования энергии котлов и нагревателей снижает выбросы ЛОС за счет более полного сжигания и минимизации потерь топлива.

Ограничения в применении

Место на существующей установке для обращения с отходами, на котором проводятся усовершенствования, обычно зависит от существующей установки.

Применимость

Полностью применимо. Однако на установках, на которых проводится несколько видов деятельности по обращению с отходами, могут быть трудности с распределением потребляемой энергии для каждого вида деятельности вследствие комплексного подхода, обычно используемого энергетической системой.

Эти способы более широко применяются для крупных потребителей энергии. Для энергоемких отраслей промышленности применение способов эффективного использования энергии для коммунальных услуг может оказывать только небольшое воздействие и не должно отвлекать усилий от основных энергетических проблем. Они могут, тем не менее, найти место в программах усовершенствований, особенно, когда на это может приходиться более 5% общего потребления энергии.

Экономика

Обычно системы эффективного использования энергии имеют более высокие инвестиционные затраты. Однако их эксплуатационные затраты обычно ниже (или выше доход). Затраты обычно выше для существующих установок, чем для новых установок.

**Таблица 3.10 ЭКОНОМИКА ОТ ИНТЕГРАЦИИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ  
ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ**

Вариант эффективного использования энергии	NPV (евро)	NPV/экономика CO <sub>2</sub> (евро/т)
Установка CHP 7 МВт-час	2058	15
Высокоэффективный электродвигатель	0,75	52,5
Сжатый воздух	n.a.	n.a.

NPV – чистый приведенный доход

Данные только ориентировочные, основанные на оценке затрат и выгод

Повышение эффективности использования энергии необходимо балансировать с затратами на достижение этого. Сектор обращения с отходами потребляет определенные виды энергии (электроэнергия, пар и т.д.), и возможность снижения потребления на существующих установках может быть ограниченной в некоторых случаях. В таких случаях требующиеся усилия могут быть не обоснованы с экономической или экологической точки зрения.

### 3.1.3.5 Выбор сырья

Описание

58

Этот раздел посвящен выбору и замещению использованного сырья. Некоторыми способами являются:

а) идентификация сырьевых и вспомогательных материалов, других веществ и воды, которые предлагаются для использования. Это связано со сбором перечня использованных материалов (включая, например, общую информацию о материалах; отметим, что группирование вместе материалов сходного типа обычно более приемлемо, чем перечисление каждой использованной коммерческой альтернативы), которые могут в значительной степени воздействовать на окружающую среду, включая:

- химический состав материалов, когда это важно;
- использованные количества;
- судьбу материала (т.е. приблизительный процент, поступающий в каждую среду, и продукцию);
- воздействие на окружающую среду, когда оно известно (например, разлагаемость, потенциал биологического накопления, токсичность для важных видов);
- любые обоснованные и практически возможные альтернативы сырья, которые могут оказывать более низкое воздействие на окружающую среду (т.е. применения принципа замещения);

б) подтверждение (например, на основе выбросов, качества продукта или по экономическим причинам), непрерывное использование любого вещества, для которого имеется менее опасная альтернатива;

с) поддержание и подробный учет сырья, используемого на участке;

d) выполнение процедур для регулярной проверки новых разработок в сырьевых материалах и регулярное использование любых новых подходящих материалов, которые являются менее опасными;

e) наличие процедур гарантии качества для контроля содержания сырья;

f) повторное использование отработанной извести для инъекции ее в системы борьбы с выбросами кислых газов в инсинераторах;

g) повторное использование отработанных сильных кислот при тех видах переработки, где необходима кислота.

Достижимый положительный эффект

Этими мерами могут быть:

- снижение использование химикатов и других материалов;
- замещение менее вредных вещества теми, которые легче подавить и когда это подавление может привести к появлению веществ, с которыми самими по себе легче иметь дело;
- оказание помощи в развитии понимания судьбы побочных продуктов и загрязняющих веществ и их воздействия на окружающую среду;
- рассмотрение предпочтительного варианта для некоторых отработанных кислот, но это зависит от объема и загрязнения отходов.

Воздействие на окружающую среду

Возможно, например, при повторном использовании отработанной извести следует обращать внимание на уровни загрязнения металлами и органическими веществами, которые могут находиться.

Эксплуатационные особенности

Вследствие характера процессов обращения с отходами потребление сырья находится под влиянием вариации поступающих отходов. Помимо этого, имеются случаи, когда замещение сырья отходами невозможно. Например, необработанная известь имеет намного более высокую щелочность, чем отработанная известь, и, следовательно, требуются большие объемы отработанной извести. Это приводит к ограничениям в отношении размера бака реактора. Поэтому требуется подобное увеличение масштаба смесителей для получения раствора извести.

Применимость

Область действия для минимизации потенциального воздействия на окружающую среду от использования сырья иногда бывает ограничена с точки зрения используемого количества (минимизация отходов) или их природы (например, наличие загрязняющих веществ, использование менее вредных альтернатив).

Ограничения в применении

Экономические и экологические причины. Для концентрированных кислот (>70% вес.) и для смешанных или неконцентрированных кислот имеется маркер. Это бывает целесообразно при использовании 50% вес., хотя для этого требуется больший расход энергии. Предполагается, что прирост для этого маркера может составить 20-30% диапазона кислоты.

В Приложении IV к Директиве IPPC указано, какие соображения следует учитывать вообще, и в конкретных случаях, когда определяют НДТ, и это использование технологии с низким образованием отходов и с менее вредными веществами, рециклинг образующихся веществ и отходов, когда это приемлемо.

#### Примеры установок

Следующие виды замещения сырья рассматриваются для применения в Соединенном Королевстве.

Таблица 3.11 - ПРИМЕРЫ ЗАМЕЩЕНИЯ СЫРЬЯ

Сырье	Возможное замещение
Гидроксид натрия	Следует использовать только NaOH "без ртути" <sup>1</sup>
Деземulgаторы	Следует использовать только полностью биоразлагаемые продукты с известными, безопасными продуктами деградации

<sup>1</sup> Промышленные производители NaOH считают, что NaOH без ртути должен содержать меньше, чем 50 мкг/кг.

Установки для физико-химической переработки планируются таким образом, чтобы можно было отделить максимальное количество материалов, подвергаемых рециклингу, и чтобы использовалось минимальное количество вспомогательных материалов. Потребление вспомогательных материалов минимизируется настолько это возможно, если отходы, которые удаляются, можно использовать (т.е. переработка отходов отходами) вместо произведенных материалов.

### 3.1.3.6 Способы снижения водопотребления и предотвращения загрязнения воды

#### Описание

В рамках критериев НДТ водопотребление следует минимизировать для предотвращения или снижения выбросов и следует его соизмерять с бережливым потреблением воды как природного ресурса. Некоторая общая информация об этих проблемах была проанализирована в работе "Очистка обычных сточных вод и отходящих газов" BREF. Некоторыми способами, рассматриваемыми для сектора обращения с отходами, являются:

а) регулярное проведение инвентаризации воды с целью снижения водопотребления и предотвращения загрязнения воды. Хорошая инвентаризация воды требует следующего:

- составление схемы последовательности операций и массовых балансов воды для всех видов деятельности с использованием воды;
- установление целей эффективного использования воды с помощью сравнения с методическими руководствами для сектора или, когда этого нет в наличии, с национальными критериями;
- использование способов ограничения потребления воды или других способов оптимизации водопотребления;

- использование упомянутой информации для идентификации и оценки возможностей для снижения водопотребления. Можно подготовить план действий для проведения усовершенствований, с установлением временного масштаба;

- б) использование способов эффективного водопотребления в источнике;

- с) рециклинг воды в технологическом процессе. Здесь могут быть следующие варианты:

- рециклинг воды в технологическом процессе, в котором она образуется, с помощью ее очистки, прежде всего, в случае необходимости. Когда это практически невозможно, ее можно подвергнуть рециклингу в другой части процесса, для которого более низкие требования к качеству воды;

- идентификация области действия для замещающей воды от источников рециклинга, идентификация требований к качеству воды, связанных с каждым использованием. Менее загрязненные водные потоки, например, охлаждающая вода, должны держаться отдельно, если имеется некоторая область для ее повторного использования, возможно, даже после некоторой формы очистки;

- д) раздельный сброс незагрязненной воды и поверхностных вод, которые нельзя использовать;

- е) прежде всего, проведение некоторого вида очистки сточных вод. Однако во многих применениях при наилучшей обычной очистке стоков получается вода хорошего качества, которую можно использовать в процессе непосредственно или после смешения со свежей водой. В то время как качество очищенных стоков может меняться, их можно подвергать селективному рециклингу, когда качество является адекватным, и все же отводить на сброс, когда качество снижается ниже того уровня, который может быть допустим для системы. Оператор системы обращения с отходами может идентифицировать, когда очищенная вода от установки для очистки стоков может использоваться и подтвердить, когда этого делать нельзя. В частности, стоимость мембранной технологии продолжает снижаться до такой степени, что в настоящее время ее можно применять к индивидуальным потокам процесса или к конечному стоку от установки для очистки стоков;

- ф) замена установки для очистки стоков, приводящая к намного меньшему объему стоков. Однако концентрированный поток стоков все еще будет оставаться, но когда он достаточно мал, и в особенности, когда имеется избыточное тепло для дополнительной очистки с помощью испарения, можно получить систему с нулевым стоком;

- г) минимизация воды, используемой для очистки и промывки (в зависимости от воздействия на выбросы пыли) с помощью:

- уборки пылесосом, отбраковки или уборки вместо смыва струей из шланга;

- оценки возможности повторного использования промывной воды;

- использования триггерного регулирования на всех шлангах, брандспойтах и оборудовании для мойки;

- h) сброс дождевых вод в отводные коллекторы;

- i) прикрытие некоторых частей участка для предотвращения загрязнения до-

ждевой воды (например, на основной установке для очистки сточных вод);

ж) защитные системы для предотвращения жидких и твердых проливов, собираемых непосредственно в водоводы или в канализацию;

к) идентификация, и когда возможно, количественное определение значительных неорганизованных выбросов в воду от всех важных источников, включая оценку доли общих неорганизованных выбросов для каждого вещества;

л) применение следующих способов для конструкций, находящихся под поверхностью:

- установление и регистрация прокладки всех стоков с установки и находящихся под поверхностью трубопроводов;

- идентификация всех находящихся под поверхностью колодцев и емкостей для хранения;

- применение технических систем для обеспечения минимизации утечек (например, из трубопроводов), а когда они происходят, их быстрого определения, особенно, когда это относится к опасным веществам;

- обеспечение, в особенности вторичных методов по локализации утечек и (или) определения утечек для таких находящихся под поверхностью трубопроводов, колодцев и емкостей для хранения;

- разработка программы инспекции и обслуживания для всех конструкций, находящихся под поверхностью, например, гидравлические испытания, испытания на герметичность, проверки толщины материалов;

м) применение следующих способов для конструкций, находящихся под поверхностью:

- подробное описание конструкции (соответствующая информация может включать в себя при необходимости: производительности; толщины; расстояния; материал; проницаемость; прочность/упрочнение; стойкость к химическому воздействию; процедуры инспекции и обслуживания; процедуры гарантии качества конструкции) и условий на поверхностях всех производственных участков;

- наличие действующей программы инспекции и обслуживания непроницаемых поверхностей и ограждающих бордюров;

- подтверждение того, когда производственные участки не оснащены:

- непроницаемой поверхностью;

- бордюрами, ограждающими проливы;

- герметичными технологическими швами;

- соединением с герметичной дренажной системой;

п) применение методов в обваловке, упомянутой в Разделе 4.1.4.4.

Достижимый положительный эффект

Снижение водопотребления может быть эффективной экологической (или экономической) целью само по себе. В дополнение к этому, с точки зрения снижения загрязняющих выбросов, любая вода, проходящая в промышленном процессе, ухудшается по качеству вследствие добавок загрязняющих веществ, и,

поэтому, имеются четкие выгоды, получаемые от снижения водопотребления, в частности:

- соответствующие выгоды в процессе, такие как снижения потребления энергии для нагрева и прокачки воды;
- снижение водопотребления снижает растворение загрязняющих веществ в воде, что, в свою очередь, приводит к снижению образующихся осадков на установке для очистки стоков;
- расчет массового баланса, проводимый для воды, может обычно выявить, где можно сократить потребление;

#### Применимость

Обычно это часть комплексной EMS (Раздел 4.1.2.8) для установки. Некоторые из этих способов применяются только для сложных установок по обращению с отходами, для идентификации возможностей максимального повторного использования и для минимизации водопотребления.

Способы, упомянутые выше, могут иметь некоторые ограничения на применимость в случае, когда вода выделяется непрерывно или периодически, и в случае, когда очистные сооружения установлены на участке или вне его.

#### Экономика

Некоторыми экономическими стимулами для применения этих способов могут быть:

- снижение необходимого размера (новой) установки для очистки сточных вод;
- снижение затрат, когда вода повторно используется на установке или покупается, или удаляется другой стороной.

#### Ограничения в применении

Экономические стимулы для сокращения образования сточных вод и потребления воды. В некоторых странах ЕС имеется действующая система стимулов, цель которой состоит в поощрении снижения водопотребления.

#### Примеры установок

Обычно используются технологические схемы и массовые балансы воды. На некоторых участках имеются расположенные под поверхностью отводные коллекторы, емкости для хранения, смесители и трубопроводы, и могут быть затруднения в том, как можно определить целостность всего этого. Могут быть сбросы в лежащие ниже почвы от всех этих установок, которые следует обычно рассматривать как сбросы, подлежащие регистрации. Сообщалось, что на некоторых установках была возможность снижения водопотребления до 90%.

### ***3.1.4 Хранение и манипулирование***

В этом разделе включены способы, рассматриваемые при определении НДТ для деятельности по хранению и манипулированию на установках по обращению с отходами. Однако необходимо указать, что имеется в наличии и дает больше информации по этой проблеме в равноценном BREF под заголовком "Выбросы от хранения".

### 3.1.4.1 Обычные способы, применяемые для хранения отходов

#### Описание

Имеются некоторые обычные способы:

а) установление процедур хранения для обстоятельств, когда транспортные средства, привозящие отходы, должны парковаться на участке всю ночь или в праздничные дни, когда участок не инспектируется в течение этих периодов;

б) размещение зон хранения в стороне от водоемов и чувствительных периметров, и, таким образом, устранение или минимизация двойного манипулирования отходами на установке;

в) четкое обозначение и порядок установки указателей для зон хранения в отношении количества и опасных характеристик хранимых там отходов;

г) четкое и однозначное указание в письменном виде потребности в общей емкости для хранения на участке, которое должно быть вместе с подробными сведениями о методе, использованном для расчета хранимого объема по отношению к максимальному объему. Заявленная максимальная емкость хранения не должна превышать;

д) обеспечение того, чтобы инфраструктура дренажа в зоне хранения могла принять все возможные загрязненные стоки и чтобы дренаж от несовместимых отходов не мог вступать в контакт друг с другом;

е) обеспечение в любое время свободного транспортного (например, вилочного погрузчика или пешего) доступа ко всей зоне хранения с тем, чтобы перемещение контейнеров не зависело от удаления других контейнеров, которые могут блокировать доступ, иных, чем бочки в одном и том же ряду;

ж) использование специально предназначенных зон/мест хранения для сортировки и переупаковки малых объемов из лабораторий. Как только отходы были отсортированы в соответствии с их классификацией опасности, с должным учетом любых потенциальных проблем несовместимости, а затем переупакованы, тогда эти бочки нельзя хранить в специально предназначенном месте для малых объемов из лабораторий, а они должны быть удалены в соответствующую зону хранения;

з) тщательное рассмотрение оптимальной конструкции бака и емкости, в каждом случае с учетом типа отходов, времени хранения, общей конструкции бака и системы смешивания для того, чтобы предотвратить накопление осадка и облегчить удаление осадка. Из емкостей для хранения и переработки необходимо регулярно удалять осадки;

и) обеспечение непрерывного условия, чтобы все соединения между емкостями могли закрываться с помощью подходящих клапанов. Перепускные трубы должны быть направлены к закрытой дренажной системе, которая может быть должным образом защищена от утечек, или к другой емкости, оснащенной соответствующими контрольными приспособлениями;

л) оснащение баков и емкостей подходящими системами борьбы с выбросами, вместе с уровнемерами с хорошо слышимыми и видимыми устройствами сигнализации верхнего уровня. Эти системы должны быть достаточно прочны-

ми и должны регулярно обслуживаться для предотвращения вспенивания и нарастания осадка, воздействующего на надежность измерительных приборов;

к) обеспечение того, чтобы емкости для хранения стойких к воспламенению или легковоспламеняющихся отходов соответствовали специальным требованиям;

л) предпочтительная прокладка трубопроводов выше уровня земли, если подземный трубопровод необходимо содержать в соответствующих контрольных каналах;

м) замена подземных или частично находящихся под землей емкостей без вторичной защитной оболочки, например, наземными сооружениями с двойной обшивкой и с детектированием утечки;

н) оснащение бункеров системами борьбы с выбросами, контролем уровня и сигнализацией верхнего уровня;

о) обеспечение того, чтобы бункеры для хранения были оснащены системами экстракции для контроля выбросов твердых частиц или влажным распылением;

р) размещение емкостей для бестарного хранения на непроницаемой поверхности, которая должна быть устойчивой к хранимому материалу. Емкость должна иметь герметичные технологические швы на обвалованном участке. Некоторые примеры применяемых объемных емкостей: по крайней мере, 110% (в других случаях 100%) самой крупной емкости или 25% (в других случаях 50%) от общего объема бака в обваловке;

q) обеспечение того, чтобы опорные элементы емкостей, трубопроводов, шлангов и соединений были стойкими к веществам (и смесям веществ), которые хранятся;

г) неиспользование емкостей более определенного расчетного срока службы, если только емкости не инспектируются через регулярные интервалы с письменной регистрацией, доказывающей, что они остаются годными для своего назначения и что конструкция осталась неповрежденной;

с) соединение, когда переработка масла является процессом предварительной обработки, с установкой для химической переработки, со свободным пространством над продуктом емкости выше отстойника масла с общими вытяжными и очистными устройствами участка. На некоторых участках имеются местные системы вытяжной вентиляции для уравнивания вытеснения масла воздухом, когда цистерны загружаются/разгружаются;

т) хранение жидких органических отходов (например, с точкой воспламенения ниже 21°C) в атмосфере азота для сохранения их инертности. Каждый бак для хранения помещается в водонепроницаемую зону хранения и оснащается индикатором уровня. В случае выброса газов происходит их сбор и очистка;

у) использование полимерной пленки для покрытия объектов для хранения твердых отходов, когда могут выделяться твердые частицы;

в) наличие соответствующего количества баков для различных видов поступающих и убывающих потоков;

w) оснащение некоторых или всех баков отводами на различной высоте бака, для того, чтобы была возможность отбирать некоторые слои содержимого;

x) обращение с потоками отходов, содержащими ЛОС, отдельно, и использование установок, предназначенных для этих потоков отходов;

y) наличие средств, имеющихся для предотвращения зарастания осадков выше определенного уровня и появления пены, которые могут воздействовать на такие факторы в баках с жидкостями, например, с помощью регулярного контроля баков, отсасывания осадков для соответствующей дополнительной обработки и использование антивспенивающих агентов;

z) оснащение баков и емкостей соответствующими системами борьбы с загрязнениями, когда могут происходить выбросы летучих соединений, вместе с уровнями и аварийными сигнализаторами. Эти системы должны быть достаточно надежными (например, должны работать при наличии осадка и пены) и регулярно обслуживаться.

Некоторыми обычными способами для снижения запахов, относящихся к хранению, являются:

aa) оптимизация регулирования промежутка времени и температуры в процессах осаждения;

bb) контроль декантирования осажденных слоев с помощью визуальной оценки проб на различных уровнях;

cc) управление пахучими соединениями в полностью закрытых емкостях, с соответствующим образом ослабленным запахом;

dd) хранение бочек и контейнеров с пахучими материалами в закрытых зданиях;

ee) хранить отработанные кислоты и щелочи, которые могут использоваться при очистке от запаха в сериях бункеров, а затем использовать для создания оптимального баланса кислот и щелочей в крупных баках (или более мелких емкостях).

#### Достижимый положительный эффект

Надлежащее и безопасное хранение отходов помогает снизить неорганизованные выбросы (например, ЛОС, запахи, пыль) и риски утечек. Раздельное хранение необходимо для предотвращения аварий из-за реакций несовместимых веществ и в качестве средства для предотвращения распространения утечки.

Некоторое объяснение способа p) (см. описание выше) для объема 110% состоит в том, что учитывается накопление дождевых осадков в обваловке.

#### Примеры установок

Для участков хранения органических отходов, содержащих растворители, характерно наличие системы с угольным фильтром для контроля выбросов в воздух и для проведения некоторого мониторинга выходящих газов. Некоторые ЛОС могут возвращаться в раствор через мокрые очистители или очистители от минеральных масел, в то время как другие ЛОС могут улавливаться в фильтрах с активированным углем. Крытые баки являются обычными, в хра-

нимых материалах содержатся продукты с высоким давлением пара. Требуется специальное оборудование при хранении легковоспламеняющихся продуктов. Особое внимание обычно уделяется предотвращению утечек и проливов на землю, из-за чего загрязняется почва и подземные воды и материал может попасть в поверхностные воды. Некоторые участки имеют уравнивающиеся системы (с азотом) для уменьшения вытеснения масла воздухом при заполнении баков. Устанавливается фильтрующий слой и уравниваются все баки для хранения, используемые в процессе регенерации. Количество вытесняемого масла при передаче содержимого минимизируется в некоторых случаях путем соединения с вытяжной трубой. См. пример на рис. 3.1.

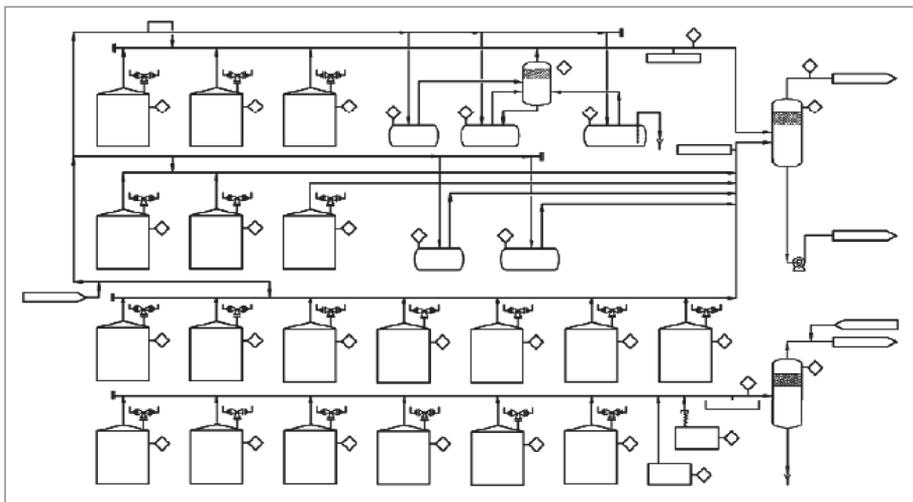


Рисунок 3.1 Система фильтрующего слоя при хранении, используемая на установке для регенерации отработанных масел

На одной из установок в ЕС были установлены фильтрующие слои во всех баках для хранения поступающих и промежуточных материалов процесса. Это не было сделано только в баках для газойля (различных видов) и воды. В другой установке были установлены фильтрующие слои во всех баках для хранения выходных и промежуточных материалов процесса. Ловушки для ЛОС и запахов в баках для хранения являются обычным явлением во многих установках для регенерации отработанных масел. Тип установки также является обычным при подготовке топлива из жидких органических отходов.

#### 4.1.4.2. Способы хранения барабанов и других контейнеризованных отходов

Описание

Некоторые способы таковы:

а) хранение контейнеризованных отходов под покрытием. Это может также

применяться к любому контейнеру, который находится в зоне хранения в ожидании отбора проб и опорожнения. Крытые зоны должны иметь адекватные условия для вентиляции. Перед выбросом воздуха он очищается в зависимости от типа загрязнения (см. Раздел 4.6);

б) хранение контейнеров с хорошо подогнанными крышками, колпаками и (или) клапанами безопасности;

с) поддержание в наличии и доступ к зонам хранения для контейнеров, в которых содержатся вещества, о которых известно, что они чувствительны к нагреву и свету, под навесом и защита от теплового воздействия и прямого солнечного света;

д) жесткое соблюдение правил, относящихся к зонам хранения для контейнеров, в которых содержатся легковоспламеняющиеся отходы, так как такие зоны жестко регулируются;

е) работа с контейнерами только при соблюдении письменных инструкций. Эти инструкции должны включать в себя, какая партия должна перерабатываться и тип контейнера, требующегося для хранения любых остатков;

ф) применение принудительной вентиляции или поддержание в зоне хранения давления ниже атмосферного;

г) использование крытых зон с открытыми сторонами;

h) использование огнезащитного освещения;

и) нельзя хранить бочки больше, чем в две высоты, и всегда следует обеспечивать доступное место для осмотра со всех сторон. Т.е. четыре 205-литровых бочки на поддоне, сложенные, не больше, чем две 205-литровые бочки высотой в рядах;

j) хранение контейнеров таким образом, чтобы утечки и проливы не могли распространиться за обваловку или за край изолированной дренажной зоны;

к) наличие небольшой емкости для хранения, которая предназначена для того, чтобы была возможность сливать содержимое небольших емкостей из лабораторий в известковое молоко в 205-литровую бочку перед удалением на установку для переработки. Для этого следует использовать вытяжной колпак над бочкой, который соединяется с системой вытяжки и фильтром с активированным углем. Система не является газоплотной, так как оператор должен быть в состоянии опорожнить бутылки в контейнер, но он может получить простую систему для оценки выбросов в воздух при сливе растворителей при минимальных затратах;

l) составление и выполнение письменных процедур для разделения и заполнения небольших объемов из лабораторий;

m) предотвращение хранения несовместимых веществ в одной и той же бочке/контейнере (например, небольшие объемы из лаборатории);

n) использование специально предназначенной зоны/хранения для сортировки и переупаковки небольших объемов из лаборатории;

о) как только отходы были отсортированы согласно классификации опасности, при должном учете любых потенциальных проблем несовместимости, и пе-

реупакованы, необходимо обеспечить, чтобы барабаны не хранились в специально предназначенном месте для небольших объемов из лаборатории, а удалялись в соответствующую зону хранения;

р) когда содержимое малых объемов из лаборатории слито в крупный контейнер, он направляется в закрытое здание с системой вентиляции и очисткой отработанного воздуха и системой обваловки без дренажа;

q) хранение бочек и контейнеров, включая опасные отходы, в бассейнах, которые являются непроницаемыми и имеют двустенное исполнение;

г) хранение полностью закрытых контейнеров типа IBC (пластиковые контейнеры для хранения жидких и твердых сыпучих продуктов) и более крупных, которые могут храниться за пределами больших помещений, над поверхностью с защищенным грунтом.

#### Достижимый положительный эффект

Хранение под покрытием отходов в бочках имеет преимущество снижения количества потенциально загрязненной воды, которая может образоваться в результате любого пролива или продления срока службы контейнера. Некоторые из представленных способов также предотвращают выбросы, которые могут быть вызваны хранением несовместимых веществ вместе, которые затем могут прореагировать. Другие выгоды связаны с предотвращением загрязнения почвы.

#### Воздействие на окружающую среду

Относится к способу а) (см. описание выше), условие для вентиляции с помощью стеновых или фонарных вентиляционных каналов или с помощью действительного создания зоны, например, открытый сарай позволяет разбавить выбросы в воздух.

#### Эксплуатационные особенности

Манипуляции обычно усложняются в покрытых зонах по сравнению с непокрытыми зонами. Может оказаться физически невозможно хранить большие контейнеры под покрытием. Необходимо также рассмотреть крытые установки для оценки требований к системе пожаротушения.

#### Применимость

Относится к способу а), необязательно хранить все контейнеризированные отходы под покрытием. Обычно исключаются отходы и контейнеры, которые не чувствительны к свету, теплу осветительных приборов, чрезмерным температурам наружного воздуха или поступлению воды. В таких обстоятельствах адекватной обваловки зон хранения и удержания стоков воды обычно бывает достаточно для обеспечения эффективной защиты окружающей среды.

### **3.1.4.3 Способы для улучшения обслуживания при хранении**

#### Описание

Некоторые способы таковы:

а) введение в действие процедур для регулярной инспекции и обслуживания

ния зон хранения, включая бочки, емкости, мощение и обваловку. При проведении инспекций необходимо уделять особое внимание любых признакам вреда, разрушения и утечки. Необходимо вести подробную регистрацию о принимаемых действиях. Дефекты необходимо устранять так скоро, как это практически возможно. Если применение герметизации или обваловки колодцев или покрытий не устраняют риски, тогда отходы необходимо удалить до тех пор, пока не будут проведены соответствующие работы, устраняющие риски;

б) проведение ежедневной проверки состояния контейнеров и поддонов и ведение письменной документации этих проверок. Если выявлено, что контейнер поврежден, имеет утечки или находится в состоянии разрушения, необходимо предусмотреть либо замену бочки, либо перетаривание содержимого в другой контейнер. Необходимо заменить поддоны, разрушенные до такой степени, что может поставить под угрозу стабильность контейнеров. “Пластиковую стретч-пленку” необходимо использовать только для обеспечения вспомогательной стабильности для хранения бочек/контейнеров, в дополнение к использованию поддонов в соответствующих условиях;

с) наличие действующей и следование стандартной запланированной инспекции баков и емкостей для смешивания и реакции, включая периодическую проверку толщины стенок и днищ. В случае обнаружения повреждения или разрушения содержимое необходимо переместить для соответствующего альтернативного хранения. Такие проверки предпочтительно проводить независимому экспертному персоналу. Все работы по инспектированию должны быть задокументированы.

Достижимый положительный эффект

Уменьшаются проблемы при хранении и предотвращаются неорганизованные выбросы.

Примеры установок

В секторе имеется много примеров.

### ***3.1.4.4 Обваловка для хранения жидкостей***

Описание

Все баки, в которых содержатся жидкости и пролив которых может быть вредным для окружающей среды, должны быть обвалованы. Необходимо учесть некоторые проблемы при такой обваловке:

- а) она должна быть непроницаемой и устойчивой к хранимым материалам;
- б) не должно быть отводов (т.е. сбросов или патрубков), но должен быть отвод в месте сбора для очистки;
- с) наличие трубопроводов, проложенных в обвалованной зоне, без проникновения в обвалованную поверхность;
- д) она должна быть предназначена для улавливания утечек из баков или соединений;
- е) наличие достаточной емкости обваловки. См. пункт р) в Разделе 4.1.4.1;

f) она должна подвергаться регулярной визуальной проверке, а любое содержимое, откачиваемое или иным образом удаляемое в условиях ручного управления, должно прежде всего проверяться на предмет загрязнения. Когда проверка проводится редко, обваловка должна быть оснащена датчиком верхнего уровня и системой сигнализации. Необходимо проводить регулярную плановую проверку обваловки (обычно визуальную; если имеются сомнения в конструктивной целостности, она расширяется до анализа воды);

g) наличие заправочных пунктов в обваловке.

Отметим, что рабочие зоны для слива жидкости и зоны хранения должны быть разделены обваловкой.

Достижимый положительный эффект

Снижается загрязнение почвы и воды от основных проливов или аварий, приводящих к большому количеству загрязнений.

Применимость

Хранение жидкостей

Ограничения в применении

Эти проблемы обычно регулируются в различных странах ЕС.

### **3.1.4.5 Ограничение использование емкостей с открытой крышкой, сосудов или ям**

71

Описание

Некоторыми способами являются:

a) нельзя допускать непосредственный выброс в атмосферу или выбросы в воздух за счет присоединения всех выпускных отверстий к соответствующим системам борьбы с загрязнением;

b) хранение отходов или сырья под покрытием в водонепроницаемой упаковке.

Достижимый положительный эффект

Снижение неорганизованных выбросов (например, ЛОС, твердых частиц) и проливов.

Ограничения в применении

В течение аварийных ситуаций выбросы в воздух могут быть разрешены во избежание более серьезного вреда.

Применимость

Обычно применяется для хранения отходов, которые могут быть причиной неорганизованных выбросов (например, ЛОС, твердые частицы).

### **3.1.4.6 Общие способы, применяемые для манипуляций с отходами**

Описание

Некоторыми способами являются:

a) наличие действующих систем и процедур для обеспечения передачи отходов для надлежащего безопасного хранения;

б) непрерывная система слежения за отходами, которая начинается со стадии предварительной приемки и связана с приемкой в течение всего времени, пока отходы находятся на участке (см. Раздел 4.1.2.3);

с) наличие действующей системы управления для погрузки и разгрузки отходов на установке, а также учет любых рисков, которые может вызвать эта деятельность (например, при передаче налитых жидких отходов из цистерны в емкость для хранения). Это может включать в себя:

- наличие действующей системы для предотвращения "отвода цистерны", т.е. транспортное средство начинает движение, пока оно еще соединено с системами слива;

- обеспечение выполнения этих процессов только обученными людьми и в положенный срок времени, не ускоряя работу по сравнению с приемлемым режимом;

- наличие действующих мер для обеспечения прочного и с правильно подогнанного сочленения; это должно предотвратить ослабление сочленения или разъединение. Проблемы, связанные с сочленением, включают в себя:

- установка и управление шлангами может помочь обеспечить целостность и соответствие сочленения;

- обеспечение особого контроля за целостностью сочленения и максимальным давлением отсечного клапана перекачивающего насоса, поскольку в противном случае могут произойти серьезные сбои;

- защита перекачивающего рукава может быть необязательной, когда имеется система гравитационной подачи. Однако все еще важно поддерживать надежное сочленение у каждого торца перекачивающего рукава;

- контроль потенциальных утечек в соединительном устройстве с помощью достаточно простых систем, таких как маслосборник, или специально предназначенных зон в системе обваловки. Дождевая вода, падающая на остальную часть обваловки, попадает в колодец, а если она не загрязненная, ее можно откачать в отстойник участка и пункты сброса. Зоны обваловки проверяются, обслуживаются и чистятся. Может происходить загрязнение из-за сбросов воды, но оно минимизируется с помощью конструкции и управления;

- надлежащая практика управления требует постоянного внимания и чистоты;

- обеспечение регламентного обслуживания с тем, чтобы не происходили более серьезные аварийные ситуации вследствие неправильной работы установки или оборудования. Это может включать в себя нарушение уплотнения насоса или блокировку фильтрационной банки, обычно используемой в перегрузочных пунктах;

- наличие аварийного склада для транспортных средств с утечками для минимизации серьезных инцидентов, связанных с нарушением уплотнения автоцистерны;

- балансирование системы улавливания паров при разгрузке автоцистерны;

- применение мер для обеспечения правильной разгрузки отходов на нужный перегрузочный пункт и чтобы затем отходы передавались на нужный

пункт хранения. Для предотвращения несанкционированного сброса, необходимо закрываемый стопорный клапан подогнать под соединительный фланец разгрузочного устройства. Его необходимо держать закрытым в течение периода, когда нет контроля за пунктами разгрузки;

d) регистрация в журнале участка любых небольших проливов в течение слива. Пролиты должны оставаться в зонах обваловки, а затем собираться с использованием адсорбентов. Если это не делается, пролиты будут стекать через систему сбора дождевой воды, при этом могут образовываться неорганизованные выбросы (например, ЛОС);

e) наличие квалифицированного химика/сотрудника, посещающего участок производителя/владельца отходов для проверки небольших объемов из лаборатории, классификации веществ и размещения контейнеров в специальные контейнеры. В некоторых случаях индивидуальные упаковки предотвращают механическое повреждение бочки при использовании вермикулита. Некоторые операторы имеют дело с небольшими объемами из лаборатории только, если зачатки используют свою упаковочную службу;

f) заполнение контейнеров с химикатами в отдельные бочки на основе их характеристик опасности. Химикаты, которые являются несовместимыми (например, окисляющие и легковоспламеняющиеся жидкости) не должны храниться в той же самой бочке;

g) наличие действующей системы для обеспечения использования надлежащего пункта сброса или зоны хранения. Некоторые варианты для этого включают в себя систему квитанций, надзор со стороны персонала участка, ключи или окрашенные в разные цвета пункты/шланги или соединения специального размера;

h) использование непроницаемой поверхности с автономным дренажом для предотвращения поступления любого пролива в системы хранения или выхода с участка в пункты отгрузки;

i) обеспечение того, чтобы не использовались поврежденные шланги, клапана и соединения. Шланги, клапана и соединения необходимо конструировать и обслуживать, будучи уверенным в том, что они пригодны для целей использования и что они химически устойчивы к тому, к чему они предназначены;

j) использование насоса ротационного типа, оснащенного системой регулирования давления и клапаном безопасности;

k) сбор отходящих газов из емкостей и баков при обращении с жидкими отходами, которые могут быть причиной неорганизованных выбросов

l) сбор надлежащим образом упакованных материалов с учетом того, какие материалы/отходы предназначены для содержания (например, опасные материалы)

m) наличие действующих систем и процедур для упаковки и транспортировки отходов в соответствии с законодательством, относящимся к безопасной перевозке опасных грузов того, чтобы отходы, подлежащие перемещению,

Достижимый положительный эффект

Надлежащее и безопасное хранение отходов помогает снижать неорганизо-

ванные выбросы, риски утечек и предотвращает аварии. Раздельное хранение необходимо для предотвращения инцидентов, связанных с несовместимыми веществами, и как средство предотвращения распространения инцидентов. Перемещение поврежденных поддонов может привести к тому, что другие поддоны, хранящиеся наверху, также будут повреждены, и это вызовет возможное обрушение запасов.

#### Применимость

Обычные системы борьбы с выбросами можно соединить с системами вентиляции баков для уменьшения потерь растворителей за счет испарения в воздух из-за перемещения при заполнении баков и цистерн. На участках, на которых происходит обращение с пыльными отходами, могут быть устроены специальные вытяжные колпаки, фильтры и системы экстракции.

На большинстве участков имеется полностью бетонное основание, опускающееся к внутренним дренажным системам на участке, ведущим к бакам для хранения или к отводным коллекторам, в которых собираются дождевая вода и любые проливы. Отводные коллекторы с переливом в канализацию обычно оснащены автоматизированными системами мониторинга, такого типа как проверка рН, которые могут перекрывать перелив.

#### Ограничения в применении

Существует законодательство, относящееся к безопасной перевозке опасных грузов.

74

#### Примеры установок

На крупных пунктах перегрузки растворителей снижаются потери при перемещениях в ходе загрузки и разгрузки цистерн и бочек за счет наличия систем балансировки и утилизации ЛОС. Многие установки для переработки химических веществ и участки для хранения растворителей имеют оборудование для борьбы с загрязнениями с целью минимизации выбросов кислых газов и ЛОС.

Для участков с хранением органических отходов, где имеются растворители, характерна тенденция использования системы с угольным фильтром для контроля выбросов в воздух и для проведения определенного мониторинга выходящих газов.

Многие пункты перегрузки отходов, на которых хранятся и перекачиваются большие количества ЛОС, имеют оборудование для борьбы с выбросами или балансирующее оборудование для минимизации потерь в воздух вследствие перемещения или термических воздействий.

### **3.1.4.7 Манипуляции с твердыми отходами**

#### Описание

Некоторыми способами являются:

- а) обеспечение складывания различных партий только при наличии проверки совместимости отходов;
- б) предотвращение добавки жидких отходов к твердым отходам - иным, чем для предназначенной цели. Делать это можно только после соответствующих

испытаний на совместимость

с) использование местной вытяжной вентиляции для контроля запахов и пыли

d) разгрузка твердых фракций и осадка в закрытом и разгерметизированном здании

е) баланс воздухообмена между баками и различными зонами

f) использование откачки осадка вместо открытых перемещений

Достижимый положительный эффект

Предотвращение аварий и неорганизованных выбросов.

Воздействие на окружающую среду

При откачке осадков или жидкостей из одного контейнера в другой могут происходить некоторые выбросы в зоне, где откачивается материал, вследствие вытеснения воздуха.

Применимость

Способы, отмеченные как а) и d) из представленного выше описания, обычно применимы к отходам, которые могут быть причиной неорганизованных выбросов.

Примеры установок

Подготовка топлива из отходов.

### ***3.1.4.8 Деятельность по манипулированию, связанная с перемещением из бочек и контейнеров***

75

Описание

В этот раздел включены перемещения содержимого из бочек, баков, цистерн или небольших контейнеров в бочки или из них. Некоторыми способами являются:

а) обеспечение наполнения/смешивания только по инструкции и при непосредственном надзоре соответствующего руководителя/химика и при работе местной системы вытяжки;

б) перемещение пахучих материалов только в контролируемых условиях (например, не на открытом воздухе) для предотвращения воздействия запахов;

с) хранение контейнеров длительное время только с закрытой крышкой

d) перемещение отходов в контейнерах в емкости для хранения с использованием погружной трубы

е) во время наполнения цистерн использование вентиляционного уравнительного трубопровода, соединенного с соответствующим оборудованием для подавления выбросов

f) обеспечение перемещения отходов из цистерны в бочку или наоборот с использованием минимум двух человек для проверки трубопроводов и клапанов

g) манипулирование бочками с использованием механических средств, например, автопогрузчика с вилочным захватом с вращающимися соединением с бочкой

h) обеспечение перемещения/выгрузки отходов только после проведения испытаний на совместимость (см. Раздел 4.1.4.13), а затем только с санкции соответствующего руководителя. В разрешении должно быть определено, какая партия/груз материала должна перемещаться; приемная емкость для хранения; требуемое оборудование, включая контроль проливов и оборудование для утилизации; любые специальные положения, важные для этой партии/груза

i) исключение использования цистерн в качестве реакционных сосудов, так как они не предназначены для этой цели

j) смешивание при наполнении в цистерны должно проводиться только при наличии соответствующего подтверждения и проведения испытаний на совместимость

k) слив из крупных индивидуальных контейнеров с отходами в ИВС (пластиковые контейнеры для жидких, твердых и сыпучих продуктов) или 2050-литровые бочки (эти места для защиты дренажа с участка обычно обвалованы)

l) принятие соответствующих предосторожностей в отношении опасностей статического электричества при манипулировании с легковоспламеняющимися жидкостями

m) закрепление бочек термоусадочной пленкой

n) обучение водителей автопогрузчика обращению со штабелированными грузами на поддонах для минимизации повреждения вилочным автопогрузчиком целостности бочек

o) использование надежных и неповрежденных поддонов

p) замена любых поврежденных поддонов при прибытии, исключая передачу их на хранение

q) обеспечение адекватного пространства, необходимого в зонах хранения бочек

r) перемещение бочек и других мобильных контейнеров между различными местами (или загрузка для удаления с участка) по инструкциям соответствующего руководителя; затем обеспечение того, чтобы система отслеживания отходов зарегистрировала эти изменения.

Достижимый положительный эффект

Предотвращаются неорганизованные выбросы, например, минимизируются брызги, дым и запах, проблемы здоровья и безопасности; предотвращаются непредвиденные выбросы или реакции.

Применимость

Способ r) (см. описание выше) обычно применяется к местам хранения на установке.

### **3.1.4.9 Автоматическая разгрузка бочек**

Описание

Разгрузочная станция включает в себя (по порядку):

a) станция поставки бочек, приводимая в движение с помощью пневмопривода. Бочки, транспортируемые с помощью автопогрузчика, перемещаются

на ряд конвейеров с моторизованными катками, обеспечивающими, отправку контейнеров на место закрепления

б) место закрепления бочек оснащено гидравлическим захватом. Гидравлический захват оснащен тремя лапами, распределенными вдоль периметра бочек, что дает возможность направлять их и перемещать на различные терминалы станции

с) место для резки, списания в лом, промывки и извлечения осадка из бочек. Размещение пастообразных отходов обеспечивается с помощью двух параллельных вертикальных двутавровых балок. Промывка бочек в сочетании с высоким давлением/принципом низкого расхода позволяет снизить потребление воды, что обеспечивается соплами, размещенными внутри металлической оболочки

д) место для удаления, списания в лом и очистки под высоким давлением корпуса бочки. После удаления и очистки бочки прессуются по высоте цилиндрической части с помощью двух поршней. Предусмотрена соответствующая защита от брызг. Прессованные бочки затем направляются в сборный контейнер с помощью роликового транспортера

е) место для прессования и удаления очищенных бочек

ф) кабина управления

г) предотвращение выбросов ЛОС. Летучие органические соединения, выделяемые при резке, удаления остатка отходов и промывки, собираются с помощью вытяжных колпаков, соединенных с вентиляционным устройством и сжигаются в установке для сжигания.

Достижимый положительный эффект

Уменьшается промежуток времени, когда кондиционированные отходы остаются на участке, и оптимизируется процесс очистки контейнеров. Целью такой системы является выгрузка отходов из бочек без вмешательства человека для предотвращения несчастных случаев.

Применимость

Станция предназначена для приемки стандартных бочек емкостями на 120 и 200 л, которые могут полностью открываться и закрываться. Производительность станции составляет 250 бочек в день.

Ограничения в применении

Автоматизированная станция для разгрузки кондиционных отходов должна соответствовать двум целям:

- улучшению рабочих условий для сотрудников
- уменьшению продолжительности времени, когда кондиционные отходы остаются на участке, и оптимизации процесса очистки контейнеров.

Примеры установок

Применяются для подготовки топлива из опасных отходов.

### **3.1.4.10 Способы для улучшения управления запасами при хранении**

Описание

Некоторыми рассматриваемыми проблемами являются:

а) для объемных жидких отходов контроль управления запасами связан с ведением регистрации пути следования на протяжении всего процесса. Для отходов в бочках контроль необходим для использования индивидуальной маркировки каждой бочки с целью документирования места и длительности хранения

б) меры предосторожности в чрезвычайных ситуациях в отношении емкостей для хранения. Это важно в ситуации, когда необходимо передавать отходы из транспортного средства вследствие неисправности последнего или потенциального нарушения герметичности транспортного средства. Такие события не бывают частыми, и ограничивающим фактором может быть производительность установки

в) все контейнеры должны быть четко пронумерованы с указанием даты прибытия, соответствующего кода (кодов) опасности и индивидуального исходящего номера или кода, дающего возможность идентификации при управлении запасами и перекрестной ссылке для документации в ходе предварительной приемки и основной приемки. Вся маркировка должна быть достаточно стойкой и оставаться разборчивой на протяжении всего времени хранения на установке

г) использование перелива в качестве чрезвычайной меры. Вся надлежащая информация должна отражаться на маркировке нового контейнера. Перемещение больших количеств отходов в переполненных бочках следует избегать с помощью повторного разливания в бочки, как только произошел инцидент с переполнением бочки

д) автоматический мониторинг уровней в баках для хранения и для проведения реакций с помощью индикаторов уровня

е) контроль, например, с помощью существующих систем уравнивания расхода или простых фильтров с активированным углем, некоторых выбросов из баков, когда они перемешиваются или обрабатываются при смешивании, а также обычно емкостей после химической обработки или смешивания осадков

ж) ограничение приемки в зону хранения на срок не более одной недели (см. Раздел 4.1.1.5)

з) принятие мер (например, планирование приемки, идентификация предела максимальной емкости для данных отходов и обеспечение того, чтобы емкость для хранения не была превышена) для предотвращения проблем, которые могут появиться при хранении/накоплении отходов. Это важно, так как характеристики отходов могут изменяться при хранении/накоплении, например, они могут уплотняться и затвердеть, или в результате реакций при смешивании могут образоваться продукты реакций и сточные воды. В некоторых случаях гомотенизация отходов будет возможна только с помощью нагрева или добавки вспомогательных агентов и т.д., а также необходимо обладать знаниями о поведении отходов при реакциях. Применение некоторых простых предупредительных мер может обычно помочь в устранении этих недостатков.

Достижимый положительный эффект

Предотвращение выбросов в течение хранения.

Ограничения в применении

Требуется система управления, так как упомянутые способы относятся к системе управления качеством (QMS),

Примеры установок

В секторе имеется много примеров.

### **3.1.4.11 Компьютерное управление в зонах многоярусного хранения опасных отходов**

Описание

Логистический центр в сочетании различных установок для переработки имеет компьютерное управление в зоне многоярусного хранения опасных отходов. Здесь все вещества идентифицируются, взвешиваются, фотографируются и из них отбираются пробы перед хранением.

Особое значение имеет собственная лаборатория, в которой анализируются пробы индивидуальных веществ отходов перед удалением или утилизацией для того, чтобы идентифицировать точные свойства вещества и определить соответствующий процесс переработки. В лаборатории также разрабатываются концепции для очистки в сотрудничестве с другими отделами.

Для предотвращения пожара в зоне со многими ярусами емкости подвергаются очистке инертным газом – азотом. На установке для накопления азота готовится азот с остаточным содержанием 2% кислорода, который затем подается в емкости. Этот процесс непрерывно контролируется и регистрируется. Для снижения газообразных выбросов инертный газ из емкостей циркулирует с помощью вентиляторов и фильтруется с помощью активированного угля.

Достижимый положительный эффект

Происходит разделение различных типов опасных отходов и гарантируется надлежащий процесс переработки.

Ограничения в применении

Перед хранением контейнеров в многоярусных зонах проводится административный и технический контроль (например, отбор проб и фотографическая документация). Хранение контейнеров затем производится с помощью программной системы компьютерного управления. Транспортирование контейнера в многоярусной зоне происходит с помощью оборудования с компьютерным доступом. Программирование обеспечивает необходимую логистику транспортных процессов с контейнером заблаговременно и, таким образом, предопределяя всю соответствующую информацию (например, документы и результаты отбора проб) и выполнение процессов транспортирования контейнера что позволяет осуществлять полный контроль. Для того, чтобы была возможность приема и хранения отходов в разных контейнерах, каждый контейнер устанавливается на стандартизованный поддон. Этот поддон предназначен быть сборным поддоном, в котором собираются переливы, например, от отбора проб.

**Применимость**

Этот способ применим для объектов переработки, принимающих опасные отходы.

**Примеры установок**

Примером является установка для размещения в Германии.

**3.1.4.12 Маркировка резервуаров и технологической обвязки****Описание**

Некоторые рассматриваемые проблемы, относящиеся к требованиям маркировки, таковы:

а) все резервуары должны быть четко маркированы в отношении их содержимого и емкости, и должны иметь индивидуальный идентификатор. Резервуары должны соответствующим образом маркироваться в зависимости от их использования и содержимого, например:

Содержание	Пример маркировки
Растворители	Легковоспламеняющиеся
Стоки	Сточные воды

б) маркировка должна устанавливать различие между сточными водами и технологической водой, горючими жидкостями и горючими газами и направлением потока (например, «в» или «из»)

в) необходимо вести письменную документацию для всех резервуаров, отражая сведения об индивидуальном идентификаторе, емкости, конструкции, включая материалы; график обслуживания и результаты инспекции; соединения и типы отходов, которые можно хранить/перерабатывать в резервуаре, включая пределы точки воспламенения

г) использование надлежащей системы кодирования трубопроводов, например, Европейский стандарт цветового кодирования CEN, например:

Цвет	Кодирование	Содержимое
Зеленый	6010	Вода
Коричневый	8001	Горючая жидкость/газ
Красный	3001	Противопожарная вода
Голубой	5012	Сжатый воздух

е) маркировка всех клапанов индивидуальным идентификатором и демонстрация его на технологической схеме и на схеме контрольно-измерительной аппаратуры

ж) точное установление размеров и поддержание всех соединений в неповрежденном состоянии.

Достижимый положительный эффект

Система облегчает труд оператора в поддержании надлежащей информированности обо всем процессе и оказании помощи в снижении аварийности и кон-

троле выбросов.

#### Применимость

Маркировка всех клапанов идентификаторами, которая затем отображается на технологической схеме и схеме контрольно-измерительной аппаратуры, не является обычной практикой, даже в химической промышленности.

### **3.1.4.13 Проведение тестов на совместимость перед перемещением**

#### Описание

Надлежащий тест на совместимость должен охватывать следующие элементы:

а) проба из приемного бака/емкости/контейнера смешивается в пропорциональном отношении с пробой из поступающего потока отходов, который предложено добавить к баку/емкости/контейнеру

б) две пробы должны быть охвачены сценарием "наихудшего случая" из вероятных составляющих

с) необходимо идентифицировать любые выделяющиеся газы и причину возможного запаха;

д) если обнаружена негативная реакция, необходимо найти альтернативный сброс или маршрут размещения;

е) необходимы надлежащие соображения в отношении значений масштабирования по лабораторным тестам на совместимость для перемещения больших объемов;

ф) тест на совместимость индивидуальных параметров необходимо проводить в связи со складываемыми отходами. Как минимум, необходимо вести регистрацию испытаний, включая любые реакции, изменяющие параметры безопасности (повышение температуры, выделение газов или повышение давления), рабочие параметры (изменение вязкости и разделение или осаждение твердых частиц) и другие параметры, такие как выделение запахов.

В табл. 3.12 приведен пример таблицы совместимости и указано, что необходимо тщательно планировать хранение химических веществ. Например, "кислоты, минералы, не окисляющиеся вещества" (номер 1) могут приводить к выделению тепла и прохождению энергичных реакций полимеризации при смешивании с альдегидами (номер 5).

#### Достижимый положительный эффект

Предотвращаются любые негативные или непредвиденные реакции и выбросы перед передачей в резервуары для хранения.

#### Применимость

Необходимо тестирование перед передачей. Оно должно охватывать:

- передачу из цистерны для хранения в резервуарах
- передачи из бака в бак
- передачи из контейнера в наливную цистерну
- наливание в бочки/IBC
- помещение твердых отходов в бочки или вагонетки.

Таблица 3.12 ПРИМЕР ТАБЛИЦЫ СОВМЕСТИ

	Название группы химической активности											
1	Кислоты, минералы, не окисляющие вещества											
2	Кислоты, минералы, окисляющие вещества											
3	Кислоты, органические вещества		G H									
4	Кислоты, гликоли	H	H F	H P								
5	Альдегиды	H P	H F	H P								
6	Амиды	H	H GT									
7	Амины, алифатические, ароматические соединения	H	H GT	H		H						
8	Азо-, diazosоединения, гидразины	H G	H GT	H G	H							
9	Карбаматы	H G	H GT							H G		
10	Щелочи	H	H	H		H					H G	
11	Цианиды											
12	Дитиокарбаматы	H GF H	H GF H	H GF GTY		GF GT		U	HG			
13	Сложные эфиры	H	HF									HG
14	Эфиры	H	HF									
15	Фториды, неорганические	GT	GT	GT								
16	Углеводороды, ароматические											
17	Галогенированная органика	H GT	HF GT							H GT	HG	
18	Изоцианаты	HG	HF GT	HG	HP					HP	HG	U
19	Кетоны	H	HF									HG
20	Меркаптаны, др. Органические сульфиды											
21	Металлы щелочные, щелочноземельные	GF HF	GF HF	GF HF	GF HF	GF HF	GF HF	GF HF	GF HF	GF HF	GF HF	
22	Металлы, др. элементы и сплавы как порошки, пары или губка	GF HF	GF HF	GF							EF GT	U
23	Металлы, др. элементы и сплавы как листы, прутки, дробь, литье и т.д.	GF HF	GF HF									HF G

Примечания: код химической активности (заглавные буквы): последствия смешивания

H: выделение тепла F: пожароопасность G: образование безвредных и не воспламеняющихся газов GT: образова S: растворение опасных веществ U: могут быть опасными, но неизвестны примеры



### 3.1.4.14 Раздельное хранение

#### Описание

Ключевой проблемой в обеспечении безопасного хранения является совместимость. Это связано с двумя независимыми соображениями:

- совместимость отходов с материалами, используемыми для изготовления контейнера, емкости или облицовки в контакте с отходами (например, некоторые растворители не должны храниться в пластиковых контейнерах)
- совместимость отходов с другими отходами, хранящимися вместе (например, контейнеры с отработанными цианидами не должны размещаться вблизи отработанных кислот).

После того, как отходы были проверены по прибытии, их разделяют на различные группы на основе химического состава и размера контейнеров. Некоторые приемы таковы:

а) соображения в отношении любой химической несовместимости для установления критериев разделения (например, предотвращение размещения кислот с цианидами). Директива Севезо и химические законы дают указания для этого разделения. BREF в части хранения также дает некоторые указания

б) нельзя смешивать отработанные масла с отработанными растворителями. Некоторые обычно используемые автомобильные принадлежности, такие как обезжиривающие растворители, аэрозольные очистители тормозных дисков и аэрозольные очистители карбюраторов, могут содержать соединения галогенов типа хлора, брома и йода. Если смешать с отработанными маслами всю смесь ее будет трудно перерабатывать

с) различие в хранении в соответствии с опасностью отходов (например, предельная точка кипения при 55°C)

д) наличие защитных стенок между секторами хранения или безопасного состояния, достаточно большого для предотвращения распространения пожара.

#### Достижимый положительный эффект

Раздельное хранение необходимо для предотвращения аварийных ситуаций от несовместимых веществ, реагирующих друг с другом, и как средство предотвращения распространения аварийных ситуаций. Кроме того, смешанные отходы могут затруднить общее обращение с отходами.

#### Воздействие на окружающую среду

Обычно необходимо больше места для раздельного хранения.

#### Применимость

Хранение окисляющих веществ и воспламеняющихся жидкостей в контейнерах необходимо проводить раздельно с тем, чтобы они не могли вступать в контакт друг с другом в результате утечек.

#### Ограничения в применении

Предотвращение аварийных ситуаций вследствие происходящих несовместимых реакций. Имеются некоторые элементы законодательства и руководств по этой проблеме в некоторых государствах-членах (например, в Соединенном Королевстве).

### 3.1.5 Проверка на разделение и совместимость

#### Описание

Главной целью для сокращения отходов в источнике образования является предотвращение смешивания отходов. Суть состоит в том, что смесь небольшого количества опасных отходов с большим количеством неопасных отходов создает большое количество материала, который должен рассматриваться как опасные отходы. Больше информации можно найти в Разделе 2.1.5. Некоторые рассмотренные способы и принципы таковы:

- a) не следует делать отходы жидкими, если они сухие
- b) наличие надлежащей маркировки на всех трубопроводах и контейнерах. Это обычно заметно повышает вероятность того, что персонал установки будет отслеживать любые практические изменения, предназначенные для улучшения разделения отходов
- c) разрешается смешивание загрязненных отходов различной степени загрязнения только, если смешанные отходы рассматриваются как более загрязненные отходы
- d) содержание охлаждающей воды отдельно от потоков отходов (например, от сточных вод)
- e) принятие во внимание и, когда целесообразно, применение разделения при сортировке материалов (см. Раздел 4.1.4.14)
- f) наличие правил, ограничивающих типы отходов, которые можно смешивать вместе. Некоторыми целями таких правил являются снижение риска для окружающей среды по причинам безопасности или для предотвращения разбавления.

#### Достижимый положительный эффект

Раздельное содержание отходов значительно облегчает любую требующуюся переработку. Можно предотвратить много проблем, когда выполняется надлежащее разделение в источнике (на участке образования отходов). Ключом является разделение несовместимых отходов с помощью размещения их в разделенных местах, выполненных из подходящих материалов. В некоторых случаях при совместном хранении могут возникать аварийные ситуации, такие как утечки, которые могут быть результатом смешивания несовместимых отходов. Также могут происходить различные химические реакции, а некоторые из них потенциально могут вызывать избыточное давление и (или) выделение тепла, таким образом, приводя к опасности пожара или взрыва. В других случаях могут образовываться токсичный дым или газы.

Например, неразделенные отработанные масла обычно имеют более низкую теплотворную способность, чем котельное топливо. Загрязненные отработанные масла обладают потенциалом вызывать загрязнение при использовании в процессах сжигания. Разделенные отработанные смазочные масла могут иметь более высокую ценность утилизации в качестве топлива.

Процесс подачи сырья при подготовке твердого топлива из ТБО является очень важным, поскольку он оказывает большое влияние на качество получае-

мого продукта. Должна быть гарантирована эффективная гомогенизация, а сырье с высоким уровнем загрязнения должно быть запрещено для процесса приготовления топлива из отходов, поскольку при этом может быть снижено качество продукта.

Воздействие на окружающую среду

В некоторых случаях смешанные отходы могут представлять повышенный риск (вследствие потенциальной химической несовместимости некоторых компонентов) и могут исключить возможности для рециклинга.

Применимость

Некоторые способы, упомянутые в разделе описания, применимы к поступающим отходам, другие – к конечным продуктам из отходов, третьи – используются в течение управления установкой (например, обработка и хранение отходов). Основными препятствиями к программам разделения отходов являются те материалы, которые поступают на установку с мусором, который не должен там быть. Примеры, которые следует отметить, включают в себя небольшие объемы отходов из лабораторий, которые должны размещаться как опасные отходы. Другие материалы включают в себя растворители и пигменты, для которых должны быть предусмотрены специальные хранилища.

На некоторых установках имеются отдельные бункеры для различных видов отходов, например, бытовых отходов, коммерческих отходов, сходных с бытовыми отходами, и специальных коммерческих отходов.

Способ а) (см. описание выше) иногда считается не применимым по причинам безопасности.

Применение основных принципов смешивания для получения смеси как описано в Разделе 2.1.5 (предотвращение риска, нестандартная переработка и предотвращение диффузного рассеивания) бывает различным для каждого способа переработки. Отходы могут быть переработаны в процессе и могут завершить свою жизнь как топливо, как строительный материал, удобрение, как корм для животных, как сырье для новых продуктов и т.д. При данном очень вариабельном характере многочисленных процессов этот процесс должен приводить к весьма различным результатам для каждого способа. Выбор переработки, который делается, должен, очевидно, воздействовать на возможности для смешивания отходов. Для каждого способа переработки отходов тип и концентрации опасных для окружающей среды веществ различаются. Поэтому и рабочие условия для оценки деятельности по смешиванию, будут различаться.

Перед смешиванием отходов существует общее предположение, что некоторые типы отходов не пригодны для рециклинга или повторного использования вообще. Это может относиться к отходам от некоторых процессов очистки, например, остатков от очистки дымовых газов, летучей золе, цементирующим солям, фильтрату, содержащему антифрикционные сплавы от детоксикации-нейтрализации-обезвоживания, пыли доменных печей и т.д. Смешивание этих отходов и остатков от процессов очистки, в которых содержатся высокие на-

копленные концентрации опасных для окружающей среды веществ, не разрешено при любом способе переработки для утилизации. Эти отходы могут размещаться с учетом того факта, что риск от них для окружающей среды должен быть сделан минимальным перед размещением с помощью иммобилизации или способов разделения частиц. Проблем выбора переработки отходов охвачены в Разделе 4.1.2.1.

#### Экономика

Потоки некоторых твердых отходов можно эффективно разделять с помощью небольших изменений в оборудовании. Обычно размещение смешанных отходов должно быть более дорогим, чем переработка потока, состоящего из одного типа отходов.

#### Ограничения в применении

Директива об опасных отходах (91/689/ЕЕС) и Директива об отходах (75/442/ЕЕС) дают рамки законодательства ЕС для смешивания и составления смесей из отходов. В некоторых странах определены национальные правила (например, в некоторых странах абсолютно запрещено смешивать шлак/нелетучий остаток из различных источников).

Правила смешивания и составления смесей на оперативном уровне находятся в границах разрешения, а другие (законодательные и добровольные) обязательства написаны и применяются в рамках ответственности оператора по обращению с отходами. Они также учитывают подходы к риску и безопасности для того, чтобы:

- предотвращать аварии, которые могут стать причиной риска для здоровья человека и негативных воздействий для окружающей среды
- предотвратить технические и механические неисправности, которые могут причинить ущерб для установки.
- Правила смешивания на оперативном уровне обычно связаны:
- с регламентами в разрешении (несанкционированные отходы, обязательства по разделению отходов)
- с регламентами, относящимися к безопасности
- с внутренними и рабочими процедурами (например, контроль качества, сертификат ISO 14000)
- с процедурами предварительной приемки и основной приемки
- с предписаниями о проверке на совместимость (в течение процедур предварительной приемки и приемки).

#### Примеры установок

Некоторыми примерами испытания на совместимость, обычно применяемыми в секторе обращения с отходами, являются:

- тест на совместимость для хранения (см. Раздел 4.1.4.14)
- моделирование воздействий, связанных с нейтрализацией на лабораторном оборудовании
- выбор и определение дозы корректирующих агентов для осаждения и флокуляции должны проводиться в любом случае с помощью эксперимента

- необходимы экспериментальные лабораторные тесты для определения того, какие химикаты больше всего пригодны для окисления/восстановления и какая будет вероятная реакция
- лабораторные испытания, проводимые для идентификации количества активированного угля, необходимого для очистки сточных вод. Наиболее важными результатами являются величина дозы, например, ТОС/г активированного угля и необходимое время контакта
- так как место введения дозы особенно важно при использовании органических расщепляющих агентов, требуется контроль с помощью лаборатории в течение проведения процесса
- исследование следующих параметров (см. табл. 4.13), когда необходимо применять системы испарения/дистилляции.

Таблица 3.13 ИНГРЕДИЕНТЫ, ВОЗДЕЙСТВУЮЩИЕ НА ИСПАРЕНИЯ

Ингредиенты	Примечания	Тип испарителя
Нерастворенные твердые вещества	Уже находятся или образуются вследствие осаждения	Испарители без твердого покрова и с механическим оборудованием для удаления твердых частиц
Летучие вещества, образующиеся при появлении корки или осмолении	В течение термического растворения	Испарение с короткими периодами выдержки и (или) небольшой разницей температур между стадиями нагрева и кипения
Водяной пар – летучие ингредиенты	С высокой концентрацией в исходном растворе	Испарители со специальной обработкой пара
Активные материалы на границе поверхности	Пенообразующие	Испарители со специальной разделяющей конструкцией и (или) добавкой антивспенивающих агентов

Лаборатория оснащается оборудованием (например, турбомешалки, используемые только короткий период времени для смешивания, медленные мешалки для образования хлопьев), которые грубо моделируют условия на установке.

Разделение отработанных масел для того, чтобы получить материал с более высокой ценностью, чем котельное топливо, является обычной практикой.

Некоторые примеры правил смешения и составления смесей для процессов определенных типов и отходов сообщаются ниже.

#### Термические процессы

В большинстве случаев бесполезно перерабатывать некоторые отходы (некоторые примеры в разделе Применимость даны выше) с помощью термических процессов. Однако, если содержание органического вещества в исходных отходах более 10%, термическая обработка может стать необходимой. Одним из критериев для оценки эффективности сжигания является, например, измерение "потерь при сжигании" после термической переработки. Если количество "потерь при сжигании" меньше 5% по сухому веществу вновь полученного остатка, обработка является эффективной. Альтернативным критерием

эффективности сжигания является уровень органического углерода ниже 3% в остатке.

#### Переработка отходов, загрязненных РСВ

Смешивание и приготовление смесей из отходов для утилизации может быть разрешено, если концентрация СОЗ не превышает низкого содержания СОЗ, определенного в Базельской и Стокгольмской конвенциях. Это отражается в технических руководствах для экологически обоснованного управления отходами, состоящими из СОЗ и РСВ или загрязненными СОЗ и РСВ, которые были недавно добавлены на 7-й Конференции сторон Базельской конвенции. В табл. 3.14 представлены содержания СОЗ. Однако смешивание отходов для других способов переработки, таких как очистка почвы, приготовление корма для животных, приготовление удобрений и т.д. может быть запрещено, если не превышено низкое содержание СОЗ.

**Таблица 3.14 МАКСИМАЛЬНЫЕ ДОПУСТИМЫЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ДЛЯ СМЕШИВАНИЯ ОТХОДОВ ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ**

Соединение	Низкое содержание СОЗ
Диоксины/фураны	0,015 ТЭК мг/кг
РСВ	50 мг/кг
Другие СОЗ	50 мг/кг

89

#### Тяжелые металлы – Cd, Hg, Tl

Когда учитываются три основных принципа по смешиванию и приготовлению смесей, компетентные органы могут разрешить следующие максимальные концентрации в отходах для смешивания для совместного сжигания, как представлено в табл. 3.15. Выбросы тяжелых металлов – ртути, кадмия и таллия в воздух будут происходить, когда отходы, содержащие такие компоненты, используются в цементных печах и на электростанциях. Поставка чего-либо сверх уровней максимальной концентрации, поэтому, не разрешена. Компетентные органы могут отклониться от этих максимальных концентраций путем предписания более низких уровней в разрешении для смешивания и приготовления смесей, если критерии приемки на установку делают это необходимым. В этом отношении важно отметить, что должно быть сделано различие в концентрациях, разрешенных для смешивания, и в концентрациях для определения допустимых пределов выбросов в воздух.

**Таблица 3.15 МАКСИМАЛЬНЫЕ КОНЦЕНТРАЦИИ, ДОПУСТИМЫЕ ДЛЯ СМЕШИВАНИЯ ДЛЯ СОВМЕСТНОГО СЖИГАНИЯ**

Металлы	Максимальная концентрация (мг/кг сухого вещества)
Ртуть	10
Кадмий	100
Таллий	100

Отходы, содержащие загрязняющие вещества, иные, чем упомянуто выше, можно смешивать для того, чтобы выполнить критерии приемки для перера-

батьвающей установки. Естественно, это не применяется к ранее упомянутым остаточным веществам и остаткам от переработки, в которых содержатся высокие концентрации загрязняющих веществ.

### **3.1.6 Способы для улучшения экологической ситуации с помощью обычных методов**

#### **3.1.6.1 Способы для снижения выбросов от деятельности при дроблении и измельчении бочек**

Описание

Некоторые способы, которые можно применить для снижения выбросов от деятельности по дроблению и измельчению бочек, включают в себя:

а) исполнение установки для дробления и измельчения бочек в полностью закрытом варианте и оснащенной системой вытяжной вентиляции, связанной с оборудованием для борьбы с выбросами, например, бензольный скруббер и фильтр с активированным углеродом. Система борьбы с выбросами может быть взаимосвязана с работой установки таким образом, чтобы установка не могла работать, если только не работает система борьбы с выбросами

б) наличие вагонетки для хранения измельченных/дробленых бочек

с) использование герметичных систем, например, желобов для удерживания остатков

д) использование герметичного дренажа

е) предотвращение дробления бочек, в которых содержатся (или в которых содержались) воспламеняющиеся и легковоспламеняющиеся отходы или летучие вещества, если только остатки сначала не были удалены, а бочка не была очищена.

На установке для измельчения можно также применять следующие способы:

ф) наличие помещения для кондиционирования опасных отходов перед переработкой; внутри помещения для переработки поддерживается постоянно пониженное давление с помощью установки для очистки отработанного воздуха, что препятствует выбросам

г) хранение кислот, оснований, фото химикатов, бытовых химикатов, пестицидов и лабораторных химикатов

h) хранилище для воспламеняющихся жидкостей типа растворителей с точкой кипения ниже 210С

і) разложение аэрозольных баллончиков на следующие компоненты: распыляющее вещество, жидкие ингредиенты, металлы и пластик

ј) аспирационная очистка всех выбросов; автоматический контроль удаления отработанного воздуха от различных процессов. Отсасывание воздуха может быть снижено при работе с целью избежания потребления энергии

к) очистка отработанного воздуха с помощью пылевого фильтра для сжигания без образования остатков. Можно также использовать фильтр с покрытием (активированный уголь и смесь извести) для сбора клеящих компонентов.

При переработке опасных отходов на шредере можно также применять следующие способы:

- l) стойкий к резкому повышению давления канал высотой 12 м для предотвращения повреждений
- m) система должна выдерживать давление до 10 бар
- n) периодическая работа шредера для минимизации воздействия
- o) использование пожаростойких систем и спринклерных установок; помимо этого использование боксов, оснащенных спринклерной установкой для снижения выбросов пыли
- p) наличие непрерывной связи с аварийно-спасательной службой; в случае пожара немедленное оповещение противопожарной службы
- q) использование взрывобезопасных выключателей, агрегатов и машин в помещении
- r) использование кабин с избыточным давлением с фильтрами из активированного угля во всем механическом оборудовании для обеспечения безопасности работающих
- s) 50 м<sup>3</sup> воды для тушения пожара в подземном водосборе
- t) постоянное разбавление азотом рабочего объема в шредере, поэтому, при отключении кислорода не будет реакций (устройство для продувки азотом)

Для защиты почвы в помещении со шредером можно применить следующие способы:

- u) использование слоистого наполнителя с вакуумным мониторингом для обнаружения утечек; основание резервуара цилиндрической формы, так что жидкий материал не может вытекать
- v) хранилище на 450 м<sup>3</sup> воды для тушения пожара; это возможно за счет основания цилиндрической формы с отстойником насоса для откачки противопожарной воды.

Достижимый положительный эффект

Снижаются выбросы ЛОС в атмосферу и снижается загрязнение потоков воды и почвы. Установки для дробления/измельчения бочек могут работать с выбросом в атмосферу. Одним из способов для снижения выбросов ЛОС является предотвращение непосредственного выброса в атмосферу, если только система вентиляции не была промыта и полностью очищена от бывшего содержания. Некоторые способы, например способ t) (см. описание выше) применяются для предотвращения воспламенения.

Ограничения в применении

Инертная атмосфера во избежание воспламенения может быть получена с помощью использования инертных газов, например, азота или диоксида углерода.

В шредере для аэрозольных баллончиков применяется аспирационная очистка в помещении с объемом воздуха 30000 м<sup>3</sup> в час с фильтром для пыли. Используются две отдельные системы сбора и очистки воздуха. Иначе можно выполнить отсос с контролируемым источником в помещении со шредером с мак-

симальным расходом воздуха 12000 м<sup>3</sup>/час. Установка для сжигания выбросов работает с температурой более, чем 800°C для полной деструкции вредных веществ.

#### Применимость

При таких видах переработки некоторых отходов, содержащих ЛОС, может создаваться огнеопасная атмосфера, которая может вызвать проблему, так как появляется возможность статического разряда с некоторыми типами и смесями отходов и реагентов. В таких особых случаях некоторые бочки, содержащие летучие вещества (см. способ е) в описании выше), могут дробиться, если дробилка оснащена системой, которая позволяет избежать проблем огнеопасности или взрыва. Когда при обращении с отходами не образуются выбросы в воздух (например, запахи, пыль, ЛОС), тогда системы экстрагирования обычно не применяются.

#### Экономика

Пример установки для измельчения в Германии. Производительность 5000 т/год. Количество перерабатываемых опасных отходов – 1000 т/год. Инвестиции, необходимые для установки – 325000 евро.

Пример установки для измельчения аэрозольных баллончиков в Германии. Производительность – 500 т/год. Инвестиции, необходимые для установки – 50000 евро.

#### Примеры установок

Установка состоит из вытяжного кожуха, смонтированного на высокой платформе, и имеет дистанционно управляемый гидравлический привод конуса дробилки. Остатки, выталкиваемые при дроблении бочек, проходят через закрытый лоток в бочку, размещенную под высокой платформой. Пары экстрагируются через бензолный скруббер и два последовательно работающих фильтра с активированным углем перед сбросом в воздух. Блокировки предотвращают работу дробилки, когда либо дверь дробилки открыта, либо не работает система борьбы с выбросами.

### **3.1.6.2 Способы снижения выбросов от процессов промывки**

#### Описание

Некоторые способы включают в себя:

- а) идентификацию компонентов, которые могут находиться в промываемых веществах (например, растворителей)
- б) передачу промытых отходов на надлежащее хранение, а затем переработка их таким же способом, как и отходы, из которых они были получены
- с) использование отработанных сточных вод от установки для обращения с отходами; остающиеся сточные воды можно рециркулировать в установке для очистки сточных вод или возвращать в установку в случае установок для физико-химической переработки. В последнем случае сточные воды чистятся точно таким же способом, что и стоки, которые были транспортированы и поставлены в очищенную конструкцию/хранилище/контейнер.

Достижимый положительный эффект

Имеется возможность идентификации и переработки остатков от промывки.

Применимость

Промывка бочек и ИВС обычно проводится, когда имеется установка для приема и переработки сточных вод или когда имеются другие возможности для надлежащей очистки промывных вод.

Процедуры промывки и чистки обычно проводятся с использованием очищенных сточных вод. Получающиеся сточные воды от промывки и чистки возвращаются в процесс или на установку очистки сточных вод для вторичной очистки. В некоторых случаях установка для очистки сточных вод размещается за пределами установки для обращения с отходами.

### **3.1.7 Способы для предотвращения аварий и их последствий**

Описание

IPPC требует в качестве общего принципа, чтобы были приняты необходимые меры для предотвращения аварий, которые могут иметь последствия для окружающей среды, и для ограничения этих последствий.

а) составление структурированного плана ликвидации последствий аварии с масштабом времени, который включает в себя:

- идентификацию опасностей для окружающей среды, вызываемых установкой. Специальные области рассмотрения могут включать типы отходов, переполнение емкостей, повреждение установки и (или) оборудования (например, чрезмерное давление в емкости или трубопроводе, закупорка дренажа), нарушение ограждения (например, обваловки и (или) переполнение дренажных колодцев), выход из строя системы подачи воды для тушения пожара, неправильные соединения с дренажом или другими системами, предотвращение контакта с несовместимыми веществами, нежелательные реакции и (или) неуправляемые реакции, сбросы стоков до надлежащей проверки их состава, вандализм/поджог, чрезвычайные погодные условия, например, наводнение, очень горячие ветры

- оценку всех рисков (опасность × вероятность) аварий и их возможных последствий. При наличии идентифицированных опасностей процесс оценки рисков можно проверить, обращаясь к шести основным вопросам:

- какова оцениваемая вероятность их возникновения? (источник, частота)
- что может выбрасываться и сколько? (оценка риска события)
- куда это направлено? (предсказание выбросов – какие пути и рецепторы?)
- каковы последствия? (оценка последствий – воздействия на рецепторов)
- каковы общие риски? (определение общего риска и его значения для окружающей среды)
- что можно сделать для предотвращения или снижения риска? (управление риском – меры для предотвращения аварий и (или) снижения их последствий для окружающей среды)

Глубина и тип оценки должны зависеть от характеристик установки и ее раз-

мещения. Основными факторами, которые следует учитывать, являются:

- масштаб и характер опасности аварии для установки и ее деятельности
- риски для мест проживания населения и окружающей среды (рецепторов)
- характер установки и сложность или иные виды деятельности и соответствующие трудности в принятии решений и подтверждении адекватности способов контроля риска

б) наличие системы ведения документации, которая может использоваться для идентификации, оценки и минимизации рисков для окружающей среды и опасностей аварий и их последствий

с) обеспечение того, чтобы система приема отходов с отбором проб на предварительной приемке и анализом с последующим подтверждением после прибытия на установку играла решающую роль в предотвращении аварий (см. Раздел 4.1.1)

д) ведение учета веществ, наличие или вероятность наличия которых может иметь последствия для окружающей среды в случае их выделения. Не следует забывать, что многие кажущиеся безвредными вещества могут быть опасными для окружающей среды при их выбросе (например, цистерна с молоком, вылитым в водоем, может нарушить его экосистему). (Учет часто бывает связан со слежением, см. Раздел 4.1.2.3)

е) наличие действующих процедур для проверки сырья и отходов для обеспечения совместимости с другими веществами, с которыми они могут случайно вступить в контакт (см. Раздел совместимости 4.1.4.13)

ф) хранение раздельно несовместимых отходов и веществ в соответствии с их потенциалом опасности. Необходимо разделять несовместимые типы отходов с помощью боксов или хранения в специально предназначенных зданиях. Минимальное требование включает в себя ограждающий периметр и раздельный сбор дренажа. Необходимо также принимать меры для предотвращения попадания контейнеров в другую зону хранения

г) обеспечение надлежащих схем хранения сырья, продуктов и отходов

h) использование автоматизированной системы, основанной на микропроцессорном контроле, контроле негерметичных клапанов или уровня жидкости в баках. Некоторыми примерами являются ультразвуковые датчики, системы предварительного предупреждения и система блокировок процесса

і) обеспечение действия системы контроля в чрезвычайных ситуациях, учета использования аварийной сигнализации технологического процесса и других аспектов контроля, например, автоматизированные системы на основе микропроцессорного контроля, контроле негерметичных клапанов или уровня жидкости в баках, такого типа как ультразвуковые датчики, системы предварительного предупреждения, блокировки процесса и параметры процесса

ј) документальное сопровождение действующих мер контроля, включая оценку этих мер и решения об их адекватности

к) применение надлежащих способов контроля для ограничения последствий аварий, таких как проливы оборудования, разъединение дренажей, пред-

упреждение об опасности соответствующих органов и процедуры эвакуации

l) применение в случае необходимости превентивных мер, таких как сооружение подходящих барьеров для предотвращения ущерба оборудования от движения транспортных средств (см. Раздел 4.1.4.6)

m) установка надлежащего ограждения, например, обваловки и сепараторов, строительство стационарных ограждений (см. Раздел 4.1.4.4)

n) реализация способов и процедур для предотвращения переполнения емкостей для хранения жидких или порошкообразных отходов, например, изменение уровня, независимые системы аварийной сигнализации, отсечки и периодические измерения (см. Раздел 4.1.4.1)

o) ведение отвечающего современным требованиям журнала для регистрации всех происшествий, инцидентов, изменений процедур, аномальных явлений и данных инспекций обслуживания. Утечки, проливы и аварии можно регистрировать в журнале участка. Происшествия и реагирования на них затем получают оценку в виде подлежащих регистрации выбросов для годового отчета

p) установление процедур для идентификации, реагирования и ознакомления с такими происшествиями

q) идентификация ролей и ответственностей персонала, участвующего в организации аварийных работ. Вместе с этим необходимо иметь четкие руководства о том, каким образом следует действовать в соответствии с каждым сценарием аварии, например, локализовать или рассредоточивать, гасить пожар или дать возможность горению

г) введение в действие процедур для избежания происшествия, имеющие место в результате неудовлетворительного общения между оперативным персоналом в течение пересменки или следующего обслуживания, или других технических работ

s) идентификация и обеспечение потребностей в обучении персонала

t) системы, уже применяемые для предотвращения неорганизованных выбросов, обычно являются важными в дополнение к дренажным системам (см. также Раздел 4.1.3.6):

- процедуры, которые необходимо ввести для обеспечения того, чтобы состав содержимого обвалованного отстойника или отстойника, соединенного с дренажной системой, был проверен перед переработкой или размещением

- дренажные отстойники должны быть оснащены сигнализацией верхнего уровня или датчиком с насосом для соответствующего хранения (не для сброса)

- должна быть действующая система для обеспечения того, чтобы уровни в отстойнике были минимальными в любое время

- сигнализация верхнего уровня не должна обычно использоваться как основной метод регулирования уровня

u) обеспечение того, чтобы техническая вода, вода из дренажа участка, вода для пожарных нужд в аварийных ситуациях, химически загрязненная вода и проливы химикатов по необходимости локализовывалась и при необходимости направлялась в систему очистки стоков и ливнестоков с обеспечением вы-

держивания гидравлических ударов и очисткой перед сбросом в контролируемые водные объекты или канализацию. Необходимо предусмотреть возможность хранения. Необходимо также иметь в действии процедуры мероприятий при чрезвычайных ситуациях для минимизации риска случайных сбросов сырья, продуктов и материалов отходов и для предотвращения их поступления в воду. Для любых систем сбора противопожарной воды для аварийных ситуаций необходимо также учитывать дополнительные потоки противопожарной воды или пены для тушения пожаров. Могут быть необходимыми отстойные бассейны для аварийных нужд для предотвращения того, чтобы загрязненная противопожарная вода попадала в контролируемые водные объекты (см. также Раздел 4.1.3.6).

v) применение к обслуживанию и проверке резервной установки тех же самых стандартов, что и для главной установки

w) рассмотрение и при необходимости планирование возможности локализации или ослабления случайных выбросов из выпускных отверстий и предохранительных клапанов/разрывных мембран. Где это может быть нецелесообразно на основаниях безопасности, внимание следует сконцентрировать на уменьшении вероятности выбросов

x) применение подходящих процедур и положений для, например, хранения определенных типов опасных отходов, для которых может потребоваться система автоматической сигнализации и, возможно, спринклеры. Для установки должно быть предусмотрено адекватное водоснабжение для огнетушителей и возможности для сбора и хранения стоков противопожарной воды. Хранение или очистку любых отходов, реагирующих с водой, необходимо проводить с учетом наличия альтернативного типа противопожарной системы

y) введение безопасной системы останова (установки)

z) установление путей связи с органами власти и аварийной службой, как перед, так и после аварии. Для послеаварийных процедур необходимо включать оценку ущерба, который может быть нанесен, и шаги, которые необходимо предпринять для исправления ситуации

aa) наличие достаточных мер безопасности, включая персонал, для предотвращения контакта с отходами хулиганских или непреднамеренных злоумышленников, или для предотвращения повреждения оборудования или нелегального захоронения отходов. На большинстве объектов используется комбинация охраны, общего ограждения (обычно заборами), контролируемых входов, адекватного освещения, надлежащих предупредительных знаков и 24-часового контроля. Обычно охрана также обсуживает проходную, где она предотвращает проезд внеплановых грузовиков и контролирует проход посетителей

bb) наличие и реализация системы инспекции с перечнем инспектируемых пунктов, расписанием и обычных проблем, с которыми можно столкнуться. Инспекция должна контролировать производственное оборудование, зоны хранения, аварийное оборудование, оборудование для мониторинга и при-

боры системы безопасности. В основном инспекция должна контролировать неправильную работу оборудования, конструктивные повреждения, ошибки оператора и сбросы, которые могут привести к выделению опасных составляющих отходов

сс) назначение одного служащего на объекте в качестве координатора действий в чрезвычайных ситуациях, который будет нести основную ответственность за выполнение плана. Важно, чтобы на объекте представлялась возможность обучения сотрудникам для эффективного выполнения своих обязанностей с тем, чтобы персонал знал, как реагировать в чрезвычайных ситуациях

dd) наличие действующей защиты от пожара и системы защиты от взрыва, содержащей оборудование для предупреждения и детектирования и оборудование для тушения.

Достижимый положительный эффект

Наиболее значительные риски для окружающей среды, связанные с операциями обращения с отходами, приходится на хранение опасных отходов, от выбросов в результате реагирования отходов друг с другом, от утечек или проливов или от процессов переработки, теряющих управление.

Сочетания ненадлежащего оборудования и недобросовестной инспекции и процедур обслуживания также может повысить риск аварий за счет, например, ситуаций с переполнением емкостей, когда могут не работать индикаторы уровня, или они неправильно калиброваны.

Утечки, проливы и аварии происходят на любом участке. На одной перегрузочной станции высказано предположение, что имеется вероятность случайной поломки бочки каждый квартал. Способ о) (см. описание выше) служит для помощи операторам в понимании оперативных проблем с тем, чтобы они могли предпринять меры, которые предотвратят или минимизируют их появление в будущем.

Воздействие на окружающую среду

Не известно.

Ограничения в применении

В основном причины сохранения здоровья и безопасности (снижение аварий). Способ bb) (см. описание выше) является основным требованием Статьи 9 Директивы ЕС 75/442.

Способ о) (см. описание выше) обычно относится к системе на компьютерной основе.

Применимость

Некоторые способы являются специфическими для сектора обращения с отходами, но другие являются обычными. Некоторые важны только для переработки опасных отходов.

Примеры установок

Эти способы являются стандартными процедурами, применяемыми для всех типов установок для обращения с отходами. Однако на установках для переработки отходов обычно используется система, управляемая вручную.

### 3.1.8 Способы для снижения шума и вибрации

#### Описание

План борьбы с шумом обычно является частью системы экологического менеджмента (EMS в Разделе 4.1.2.8). В таком плане обычно:

а) описываются основные источники шума и вибрации (включая редкие) и ближайшие места, чувствительные к шуму. Это описание охватывает следующую информацию для каждого основного источника шума и вибрации на установке:

- источник и его размещение на масштабном плане участка
- являются ли шум или вибрация постоянными/периодическими, стационарными или мобильными
- часы работы
- описание шума или вибрации, например, громкий, ноющий, свистящий, визжащий, жужжащий, хлопающий, щелкающий, низкочастотный или тональный
- его (их) вклад в общие шумовой фон на участке, например, подпадающий под категорию высокого, среднего или низкого, если только в наличии нет подтверждающих данных

б) предоставление вышеупомянутой информации также и для редких источников шума и вибрации (таких как редко выполняемые/сезонные операции, деятельность по очистке/обслуживанию, деятельность по поставкам/сбору/транспортированию или в нерабочее время, аварийные генераторы или насосы и испытание аварийной сигнализации)

с) подробности о соответствующих исследованиях шума, измерениях, исследованиях (которые могут включать в себя подробные оценки уровней звукового давления для индивидуальных установок) или моделировании могут быть необходимыми для новых или существующих установок с учетом возможных проблем с шумом.

Участие в плане по "шуму и вибрации" поощряет операторов:

д) адекватно обслуживать любой элемент установки или оборудование, повреждение которых может привести к росту уровня шума (например, при обслуживании подшипников, вентиляционного оборудования и конструктивных элементов, а также специальных мер по ослаблению шума, связанных с установкой, оборудованием или механизмами)

е) изолирование шумных зон/деятельности внутри зданий.

Достижимый положительный эффект

Снижение уровня шума, образующихся при работе установки.

Применимость

Необходимо руководствоваться здравым смыслом при определении включаемых источников. Источники, подлежащие рассмотрению, - это источники, которые могут оказывать вредное воздействие на окружающую среду; например, небольшая установка может стать причиной проблемы шума на рабочем месте в замкнутом пространстве, но едва ли будет проблемой окружающей среды. Наоборот, крупная установка или определенное количество небольших установок,

закрытых в здании, может, например, вызывать неудобства только, если она останется открытой. Необходимо также помнить, что иногда шум, который не особенно заметен в дневное время, может стать более заметным ночью.

Ограничения в применении

Снижение шума и вибрации.

### **3.1.9 Способы вывода из эксплуатации**

Описание

Для минимизации проблем при выводе из эксплуатации и любых связанных с этим воздействий на окружающую среду предлагаются некоторые приводимые способы:

а) рассмотрение вывода из эксплуатации на стадии проектирования, тем самым, составляя подходящие планы для минимизации рисков в течение последующего вывода из эксплуатации

б) для существующих установок, на которых идентифицированы потенциальные проблемы, применение программы усовершенствования конструкции. Эти усовершенствования конструкции должны обеспечить возможности, чтобы:

- избежать подземных резервуаров и трубопроводов. Если экономически невозможна замена, тогда оператор должен защитить их с помощью вторичной защитной оболочки или соответствующей программы мониторинга

- имелись возможности для дренажа и очистки емкостей и трубопроводов перед демонтажем

- пруды-накопители и полигоны проектировались с точки зрения их окончательной очистки

- предусматривалась изоляция, которая легко демонтируется без образования пыли или опасности

- любые используемые материалы подвергались рециклингу (имея в виду оперативные или другие экологические цели)

с) поддержка плана закрытия участка для демонстрации того, что в своем нынешнем состоянии установка может быть выведена из эксплуатации во избежание любого риска загрязнения для возвращения работы участка в удовлетворительное состояние. План должен обновляться по мере изменений материала. Однако даже на ранней стадии план закрытия участка может включать в себя подробности:

- либо об удалении, либо промывания трубопроводов и емкостей, когда это целесообразно, и их полном опорожнении от любого потенциально вредного содержимого

- о планах, включающих в себя все подземные трубопроводы и емкости

- о методе и ресурсах, необходимых для очистки прудов-отстойников

- о методе закрытия любых полигонов на участке

- об удалении асбеста или других потенциально вредных материалов, если только не было согласована целесообразность перенесения ответственности за это на будущих владельцев

- о методах сноса зданий и других конструкций для защиты поверхностных и грунтовых вод на участках строительства и сноса

- о требуемой проверке почвы, необходимой для определения степени любого загрязнения, вызываемого деятельностью на участке, и информации о том, что необходимо для любой рекультивации с целью возвращения участка к удовлетворительному состоянию как определено отчетом начального участка

d) описание предложенных мер в отношении окончательного прекращения деятельности во избежание любого риска загрязнения и для возвращения участка к работе в удовлетворительном состоянии (включая при необходимости меры, относящиеся к проекту и конструкции установки)

e) описание планов очистки от отложившихся осадков, отходов и любого загрязнения в результате деятельности по переработке отходов

f) обеспечение того, чтобы установка и оборудование, которые больше не используются, были выведены из эксплуатации и удалены с участка.

Достижимый положительный эффект

Предотвращение проблем окружающей среды в течение вывода из эксплуатации.

Применимость

Способы, упомянутые здесь, применимы для установок, работающих на протяжении срока службы, стадии проектирования и строительства и закрытия участка.

Ограничения в применении

Способ e) (см. описание выше) является обязательным для нынешнего законодательства ЕС по отходам.

Примеры установки

Вывод из эксплуатации всей установки или ее элементов часто происходит в секторе.

## 3.2 Способы, рассматриваемые при биологической обработке

В этом разделе содержится описание способов, рассматриваемых для надлежащих эксплуатационных показателей (например, использование надлежащей энергетической системы), или что может содействовать приведению к надлежащим экологическим показателям (например, системы экологического менеджмента). Эти способы применяются для биологической обработки, обычно используемой как часть всей сферы обращения с отходами. Биологическая очистка сточных вод рассмотрена в Разделе 4.7.

### 3.2.1 Выбор соответствующей биологической обработки

Описание

Ключевым техническим фактором для выбора соответствующей системы является возможность надлежащего контакта между органическими состав-

ляющими отходов и микробной популяцией. Эта способность зависит главным образом от состояния отходов и концентрации. Примерная схема системы, предлагающей наибольшие возможности как функцию этих двух переменных, показана на рис. 3.2.

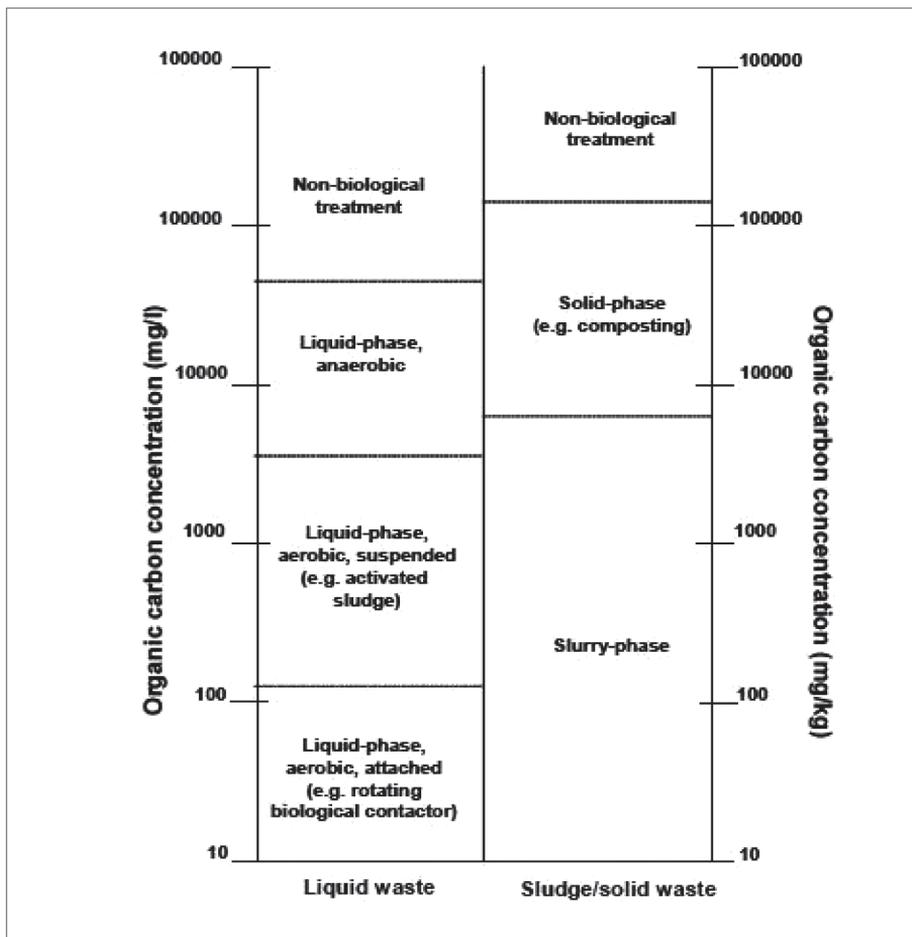


Рисунок 3.2 - Выбор соответствующей системы биологической обработки как функции концентрации и формы отходов  
Пояснения к рисунку:

Organic carbon concentration (mg/l) – концентрация органического углерода (мг/л)

Non-biological treatment – не биологическая обработка

Liquid-phase anaerobic – в жидкой фазе, анаэробная

Liquid-phase, aerobic, suspended (e.g. activated sludge) – в жидкой фазе, аэробная, во взвешенном состоянии (например, активный ил)

Liquid-phase, aerobic, attached (e.g. rotating biological contactor) – в жидкой фазе, аэробная, с закрепленными организмами (например, вращающийся биологический осветлитель)

Liquid waste – жидкие отходы

Solid-phase (e.g. composting) – в твердой фазе (например, компостирование)

Slurry-phase – в суспензионной фазе

Sludge/solidwaste – осадок/твердые отходы

Organiccarbonconcentration (mg/kg) - концентрация органического углерода (мг/кг)

В дополнение к этому, полностью закрытые или заключенные в оболочку биореакторы помогают лучше контролировать биологическую обработку и предотвращать неорганизованные выбросы (например, ЛОС, запахи, пыль).

Достижимый положительный эффект

Выбор соответствующей биологической обработки отходов, как следует понимать, помогает избежать проблем при эксплуатации, а также получать основную выгоду от отходов (например, использование их в качестве топлива).

Ограничения в применении

Важными характеристиками для рассмотрения выбранной биологической системы являются однородное распределение питательных веществ и влажности обрабатываемых отходов (гомогенность), а также наличие выбранной обработки.

Иерархия управления отходами может дать некоторое направление в отношении типа используемой переработки. Однако может случиться так, что при применении иерархии управления отходами без надлежащего основополагающего анализа можно не достичь приемлемых результатов. Сообщалось, что в случае обработки осадков сточных вод вследствие низкого энергосодержания осадков при биологической очистке по сравнению с термически высушенными осадками надлежащим вариантом может быть либо выбор анаэробного сбраживания и термической сушки и (или) сжигание различных отходов.

### **3.2.2 Специальные способы хранения и манипулирования для биологической обработки**

Описание

Некоторые способы, относящиеся к методам хранения и манипулирования при биологической обработке отходов, включают в себя:

- а) наличие приемной ямы или уравнильных резервуаров
- б) размещение и оснащение установки для обработки отходов (включая зону приемки и бункер), механическая обработка, объекты для хранения и все стадии биологической обработки) с системой сбора отработанного воздуха (содержащего пыль, ТОС, аммиак, источники запахов, бактерии) и при необходимости систему удаления. Обычным является трех- или четырехкратный обмен воздуха в час
- с) очистка отработанного воздуха или повторное использование его, например, подача воздуха для биологического разрушения
- д) поддержание низкого уровня загрязнения отработанного воздуха путем:
  - предотвращения маршрутов движения через зону поставки
  - использования поверхностей и рабочего оборудования, которые легко очищаются

- минимизации времени хранения отходов в зоне поставки
- регулярной очистки пола в помещении соответствующим вакуумным мусороуборщиком или промышленным пылесосом
- очистки тентов, лент транспортера и другого оборудования, по крайней мере, раз в неделю

е) использование комбинации автоматизированных и быстродействующих дверей с установкой так называемой воздушной завесы, которые автоматически могут действовать также и как запор, при минимальном времени открытия дверей. Этому можно помочь с помощью установки шторных заслонок или створчатого затвора при наличии определенных размеров площади маневрирования перед помещением. Необходимо понимать, что дисциплина персонала установки и водителей транспортных средств, по крайней мере, в равной степени важны для осуществления на практике времени краткого открытия дверей. Необходимо также обеспечить, чтобы проводилось требуемое обслуживание дверей. При установке воздушной завесы создается преграда окружающего воздуха в открытых дверях, которая предотвращает проникновение воздуха из помещения. Для подземного бункера, подъезд транспортных средств к которому осуществляется задним бортом с вываливанием груза, установление шторного затвора сзади реальной двери может оказаться способом минимизации воздухообмена в течение разгрузки

ф) закрытие питающего бункера, выполненного с транспортным шлюзом; в открытых складских помещениях и в течение разгрузки транспортных средств с отходами отходящие газы из бункера удаляются с помощью отсоса и подаются на установку для очистки отходящих газов

В дополнение к этому, в течение хранения и манипулирования следующие меры пригодны для минимизации образования пыли:

g) осаждение пыли с помощью системы предотвращения запотевания, хотя это и необязательно

h) использование отсоса к источникам точек отбора воздуха в помещении с последующим обеспыливанием

i) применение покрытия на ленточном конвейере

j) предотвращение или минимизация падения с больших высот на перемещениях между зонами

k) использование медленного движения при измельчении комков

l) регулярная очистка мест скопления комков, полов помещения и транспортных маршрутов

m) использование установки для промывки шин для предотвращения рассеивания отходов транспортными средствами в наружные места установки.

Кроме того, следует избегать активно избегать анаэробного разложения при хранении материалов отходов с участков рециклинга бытовых отходов/мусороперегрузочных станций, содержащих много скошенной травы в течение жарких влажных периодов. Обычно трава имеет высокое влагосодержание и препятствует поступлению кислорода. Если отходы были сложены на мусороперегрузочной

станции в течение суток или более, тогда при помещении их в контейнер и хранении в бурте при влажной погоде установятся анаэробные условия. Другой возможностью появления влажности являются незащищенные компостные ряды после продолжительной влажной погоды, что приводит к прекращению аэробного распада, и, поэтому, эти ряды должны быть надлежащим образом закрыты.

#### Достижимый положительный эффект

Для систем биологической обработки жидких отходов важно, чтобы поток субстрата был относительно постоянным для обеспечения надлежащей работы, в противном случае могут происходить непредвиденные выбросы. Некоторые способы концентрируются на предотвращении выбросов в воздух. Например, повышение температуры в буртах отходов, содержащих органическое вещество вследствие возрастания биологической активности, может происходить в течение короткого периода времени, и это может привести к выбросам в воздух (общий углерод, запах).

Вследствие повышенных температур внутри помещения в зимнее время у ворот в помещение создается воздушный столб, теплый воздух стремится выйти через верхнюю часть ворот, а холодный воздух войти снизу, что создаёт выбросы.

В остаточных отходах может содержаться большое количество мелкозернистых частиц. Поэтому можно ожидать значительные выбросы пыли из бункера вследствие процессов сброса и загрузки с помощью подвижных устройств, в связи с чем эти отходы следует возвращать обратно как можно ближе к источнику.

#### Эксплуатационные особенности

Зоны хранения обычно заполняются из автоцистерн или с использованием трубопровода от источника.

#### Применимость

Вследствие большого разнообразия процедур биологической обработки, охваченных здесь, а также типов отходов (например, содержащих летучие компоненты, обладающих запахами), имеется несколько способов, которые нельзя применять для некоторых видов биологической обработки (например, активный ил, аэрируемые накопители, механико-биологическая обработка, биоремедиация на участке, почва, загрязненная нефтепродуктами и осадки, производство биогаза, используемого в качестве топлива). Некоторые идентифицированные в способах применения можно найти ниже, (которые были представлены в описании выше):

- способ b) для последних стадий биологической обработки или после обработки
- способ e) обычно применяется для отходов без образования запаха
- способ f) обычно применяется к отходам с сильным запахом.

#### Ограничения в применении

В связи со способом b) из описания, представленного выше, в соответствии с итальянским региональным законодательством применяется работа с трех- или четырехкратным обменом воздуха в час, там, где работают люди. В местах,

г) операторы не работают, обычно применяется двукратный обмен воздуха в час. Способ f) связан со специальным требованием TA Luft<sup>3</sup> для ферментационных установок и общими положениями немецкого регламента 30 BImSchV<sup>4</sup>. Способ m) также имеет общие положения 30 BImSchV.

### 3.2.3 Выбор исходного сырья для биологических систем

#### Описание

Некоторые проблемы, которые следует рассмотреть:

а) наличие веществ, которые не подвергаются выгодной переработке, такие как токсичные металлы, должны быть ограничены для поступления в биологические процессы. Например, некоторые виды механической обработки могут помочь осуществить такие ограничения

б) добавка сточных вод к органической фракции муниципальных твердых отходов повышает уровень питательных веществ, а также повышает влагосодержание. Другие отходы, которые также обладают полезными свойствами, это органические промышленные отходы, отходы пищевой промышленности и сельскохозяйственные отходы

в) качество процесса напрямую зависит от качества исходного сырья в силу его наибольшего воздействия. Это условие необходимо соблюдать для максимального повышения качества процесса. Здесь важными элементами являются как допустимые типы отходов, так и процессы разделения. Некоторые способы включают в себя:

- правильный баланс содержания питательных веществ (например содержание азота по сравнению с содержанием углерода)
- минимизация наличия токсичных и нежелательных материалов (включая тяжелые металлы, патогенные организмы и инертные материалы)
- признание того, что любые не биоразлагаемые компоненты отходов, которые подаются в реактор анаэробного сбраживания, и не будут подвергаться воздействию процесса, просто занимают необязательное место. Для получения максимальной выгоды от использования способа (как экологической, так и экономической) и для минимизации затрат важно минимизировать наличие этих компонентов в исходном сырье для процесса анаэробного сбраживания

д) не смешивание различных типов отходов, если не доказана целесообразность этого. Это связано с Разделом 4.1.5

е) непрерывное повышение знаний о влиянии характеристик отходов на эксплуатационные параметры, такие как заполнители, массовый расход, объемы, переменные биологической деградации (например, температура, CO<sub>2</sub>), а также измеренных (газообразных) выбросах (например, использование непрерывно получаемых данных о выбросах (неочищенный газ и (или) очищенный газ), ЛОС, метана для корректировки параметров, т.е. автоматическое регулирование биологических процессов).

<sup>3</sup>Технические требования к качеству воздуха, установленные законодательством Германии в 1964 г.

<sup>4</sup>Регламент Германии о выбросах в воздух от установок биологической обработки от 2001 г.

Достижимый положительный эффект

Предотвращение поступления технических соединений в биологические системы, т.е. токсичных с точки зрения биологической активности. Надлежащий баланс питательных веществ позволяет избежать выбросов, например, соединений азота.

Если не биологически активные части исходного сырья отделены от этого сырья, такие потоки можно легко повторно использовать или подвергнуть рециклингу (например, стекло, металлы).

Воздействие на окружающую среду

Добавка осадка сточных вод к органической фракции ТБО может оказать негативное воздействие на саму биологическую обработку, качество отходящих газов, которые образуются в течение биологической обработки или качество продуктов из отходов.

Ограничения в применении

В случае способа с) (см. описание выше) проводится интегральная биологическая сушка муниципальных отходов, так как обычно наличие пластмасс и других не биоразлагаемых материалов может быть преимуществом для аэрации, предотвращения появления анаэробных зон, что приводит к пониженным выбросам.

### **3.2.4 Обычные способы для анаэробного сбраживания**

Описание

Некоторые способы включают в себя:

а) наличие тесной интеграции между управлением отходами и управлением водохозяйственной деятельностью. Это будет полезным для дальнейших разработок и для управления с целью улучшений и сбора данных

б) рециклинг максимального количества сточных вод в реакторе для облегчения превращения всех растворенных органических материалов в биогаз

с) работа системы в условиях термофильного сбраживания для того, чтобы обеспечить уничтожение патогенных организмов, увеличить скорость образования биогаза (следовательно, повысить утилизацию энергии) и время пребывания

д) измерение уровней ТОС, ХПК, азота, фосфора и хлора в поступающих и уходящих потоках для того, чтобы сбалансировать подачу и обеспечить хорошие условия для образования метана

е) контролирование необходимых параметров в воде при сбраживании, остатке сбраживания и сточных водах через регулярные интервалы времени для того, чтобы обеспечить надлежащую работу установки

ф) наличие закрытых загрузочных бункеров с желобами для приема отходов с транспортных средств. В открытых складах и в течение разгрузки отходов с транспортных средств отходящие газы из бункера удаляются с помощью отсоса и подаются в установку для очистки отходящих газов

г) наличие достаточного пространства, особенно для зоны хранения на осно-

ве оцениваемого ежемесячного использования

h) проектирование, строительство и эксплуатация объекта для предотвращения загрязнения почвы сточными водами

i) повторное использование сконденсированных водяных паров, образующихся от вентиляции компостных рядов (процесс созревания), и накопленной воды для случаев открытого режима аэробного разложения с целью увлажнения твердых отходов и предотвращения вредных последствий для обоняния.

Хотя анаэробные системы могут работать последовательно для снижения общего ХПК в стоках, они обычно эксплуатируются для эффективного образования метана. Для жидких стоков характерна тенденция увеличения концентрации по сравнению со стоками после аэробных систем, поэтому требуется конечная стадия аэробной обработки. Это можно сделать с помощью сброса в канализацию или с помощью введения второй стадии на участке.

Достижимый положительный эффект

Повышение эффективности анаэробного сбраживания и возможность лучшего использования его продуктов. Минимизация количества потенциально токсичных материалов также имеет большое значение для качества конечного продукта. Анаэробные системы являются эффективными при разрушении кольцевых соединений (например, фенолов) и образования метана, который можно использовать в качестве топлива. Однако не все соединения, получаемые с помощью анаэробного разрушения ароматических колец (например, ксенобиотиков), могут быть минерализованы в анаэробных условиях. Стадии анаэробной обработки, поэтому, должны сопровождаться последующей стадией аэробного разрушения для того, чтобы довести органический материал до полной минерализации.

Воздействие запахами 500-1000 GE/м<sup>3</sup> от анаэробной обработки может быть достигнуто с помощью использования соответствующего сочетания биофильтра и скруббера, если содержание NH<sub>3</sub> выше, чем 30 мг/м<sup>3</sup>.

Воздействие на окружающую среду

Использование осадка в анаэробном сбраживании необходимо определять для каждого отдельного случая, так как концентрация тяжелых металлов в осадке может представлять трудности для оператора с обеспечением жестких предельных значений для качества компоста, которые имеются в некоторых странах ЕС.

Эксплуатационные особенности

Высокая степень гибкости, связанная с анаэробным сбраживанием, провозглашена как одно из важнейших преимуществ метода, так как возможна переработка нескольких типов отходов, от влажных до сухих и от чистой органики до серых отходов<sup>5</sup>. Пригодность метода для очень влажных материалов, например, была оценена как важная характеристика в тех сценариях, когда разделенные в источнике образования пищевые отходы нельзя смешивать с достаточ-

<sup>5</sup> Часть отходов, которая остается после отделения из муниципальных твердых отходов биоотходов и фракций, подлежащих рециклингу.

ным количеством наполнителей, таких как городские отходы зеленого хозяйства (а именно, отходов из многих крупных городских районов).

Анаэробные биологические системы чувствительны к хлорированным соединениям и соединениям серы, колебаниям pH и температуры, и для них может потребоваться стадия предварительного подкисления.

Рециклинг сточных вод (способ b) в описании выше) не может быть полезным для всех применений (например, адаптация сообществ микроорганизмов к разложению хлорированных органических соединений или к удалению хлора у некоторых ксенобиотиков не может быть достигнута в термофильных условиях, и термофильная микробная популяция не может адаптироваться к обрабатываемым соединениям).

В определенных обстоятельствах необходимо контролировать важные параметры в воде для сбраживания, остатках сбраживания и сточных водах через регулярные интервалы времени для того, чтобы обеспечить надлежащие условия эксплуатации для установки (способ d) в описании выше). В этих случаях упомянутых параметров недостаточно для контроля процесса. Согласно цели обработки (полигонное депонирование, удобрения) параметры для контроля продукта должны устанавливаться в соответствии с дальнейшим использованием.

#### Применимость

Основную озабоченность при анаэробном сбраживании вызывает гарантия долговременной работоспособности установки, которая, конечно, является ключом к ее экономической обоснованности. Этот риск можно снизить с помощью технологических разработок, но в краткосрочной перспективе связанные с ними затраты могут воздействовать на экономику. Для строительства большего количества установок в будущем необходимы дополнительные знания о функционировании процесса, и это может способствовать росту доверия (см. Раздел 4.1.2.2). Способ e) в описании выше является подходящим для снижения воздействия запахов.

#### Экономика

Удельные инвестиционные затраты обычно намного выше, чем при аэробном разложении. Наличие тесной интеграции между управлением отходами и управлением водохозяйственной деятельностью должно быть полезным для дальнейшего развития. Это должно позволить снизить дополнительные затраты, связанные со сбросом дополнительной воды от анаэробного сбраживания на установку для очистки сточных вод. Однако в реальности в Европе это происходит довольно редко, чаще всего в процессе участвуют компании водоснабжения.

#### Ограничения в применении

Лучшее управление процессом и выполнение требований Полигонной директивы. Способы от e) до h) в описании выше представляют собой требования в рамках немецких TA Luft, а способ e) необходим для снижения запахов.

#### Примеры установок

Этот метод обработки в настоящее время является относительно редким (это только часть стратегий управления в четырех странах: Германии, Австрии,

Бельгии и Дании, хотя известны применения на смешанных или остаточных отходах во Франции, Испании и Италии, и известно также, что установка малого масштаба работает в Соединенном Королевстве). Недавние разработки для схем разделения в источнике образования в Италии и Испании дают основания предполагать в будущем использование подобного метода при наличии качественного исходного сырья.

Следует также упомянуть, что анаэробное сбраживание переживает очень быстрый рост в Испании благодаря государственному финансированию объектов в рамках программ ЕС. Такое финансирование снижает общие затраты на обслуживание, так как амортизация является одним из основных факторов затрат.

### ***3.2.5 Увеличение времени пребывания в процессах анаэробного сбраживания***

#### **Описание**

Касается возможности большего времени нахождения остатка сбраживания в условиях разложения.

#### **Достижимый положительный эффект**

Повышенное время пребывания даст возможность проведения более энергичного биоразложения, и, следовательно, получения остатка сбраживания лучшего качества, и, тем самым, увеличения образования биогаза. Наличие достаточно высокой температуры и достаточно длительного времени пребывания обеспечит созревание материала, который не будет содержать патогенные бактерии и семена, и будет образовываться меньше выбросов с запахом.

#### **Воздействие на окружающую среду**

Достижимый эффект даст возможность достижения баланса при более низкой величине нагрузки, что снижает производительность, и, таким образом, повышает экономические затраты на тонну перерабатываемых отходов.

#### **Применимость**

Повышение образования биогаза обычно оказывает воздействие на качество остатка сбраживания и биогаз. Поэтому необходимо проводить оптимизацию количества биогаза, качества биогаза и качества остатка сбраживания.

### ***3.2.6 Способы снижения выбросов при использовании биогаза в качестве топлива***

#### **Описание**

Биогаз из биореактора обезвоживается, а твердые частицы удаляются перед использованием биогаза в качестве топлива: либо для внешних потребителей, либо для внутреннего использования. Биогаз можно использовать в газовых двигателях, например, блочных элементах тепловой электростанции, газовых котлах, транспортных средствах или для иных применений, таких как способы для термического подавления выбросов ЛОС. Можно придерживаться двух типов подавления выбросов. Первый тип относится к очистке биогаза перед его использованием, для того, чтобы снизить выбросы после его сжигания, а другой

относится к подавлению выбросов после сжигания биогаза. Оба типа способов рассмотрены здесь, и некоторые специальные меры включают в себя:

а) снижение выбросов сульфида водорода за счет очистки биогаза с использованием солей, добавки солей железа в автоклав для сбраживания или биологического окисления с помощью контролируемой добавки кислорода

б) использование селективного каталитического восстановления (SCR) (Раздел 4.6.21) для снижения выбросов оксидов азота

с) использование установки для термического окисления для снижения выбросов CO и углеводов

д) использование очистки активированным углем

е) оснащение установок резервуарами для хранения биогаза и аварийным сжиганием на свече.

Отметим, что при сжигании на свече любого биогаза, который нельзя использовать на участке или повысить его качество до качества природного газа, температура на выходе дымовых газов должна быть, по крайней мере, 900°C, а время пребывания должно составлять 0,3 с. При этом максимальная целевая концентрация соединений серы в биогазе составляет 50 частей на млн., или эффективность очистки составляет, по крайней мере, 98%.

Среди процедур подавления выбросов, которые могут иметь место на стадии отдельной переработки, отметим: процессы биологической очистки (биологическое окисление сульфида до сернистой или серной кислоты), очистку газа водой или органическими растворителями, сухими фильтрами, состоящими, например, из бурого железняка, и адсорбции, например, активным углем.

Некоторые методологические основы для крупных установок для сжигания, использующих биогаз, упоминаются в BREF крупных установок для сжигания.

**Таблица 3.16 ДОСТИГАЕМЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ВЫБРОСОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ГАЗОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ И СПОСОБОВ ПОДАВЛЕНИЯ**

Параметр	Биогаз	Отходящие газы
АОХ	<150	
CO		100-650 <sup>1</sup>
Пыль		<10-50
NO <sub>x</sub>		100-500 <sup>2</sup>
H <sub>2</sub> S		<5
HCl		<10-30
HF		<2-5
Углеводороды		<50-150
SO <sub>2</sub>		<50-500

Данные в нг/нм<sup>3</sup> при 5% O<sub>2</sub>

<sup>1</sup> при использовании двигателя с искровым зажиганием с низкой теплопроизводительностью (например, <3 МВт<sub>термический</sub>) значения 650 может быть трудно достичь. В этих случаях более достижимой величиной можно считать 1000.

<sup>2</sup> при использовании пилотных двигателей с впрыском топлива с низкой теплопроизводительностью (например, <3 МВт) достигаемые значения составляют 1000. Нижний конец диапазона может быть достигнут только при наличии системы подавления выбросов.

Воздействие на окружающую среду

Добавка таких веществ как соли железа или кислород в анаэробный реактор может оказаться неэффективной для процесса сбраживания.

Эксплуатационные особенности

Использование катализаторов окисления (способ а) в описании выше) обычно является кратковременным решением вследствие появления проблем коррозии.

Применимость

Очистка биогаза (за исключением обезвоживания и удаления твердых частиц) перед выработкой электрической/тепловой энергии в газовом двигателе и очистка дымовых газов обычно не является обязательной, согласно некоторой информации, для достижения многих значений, приведенных в табл. 3.16. Эти значения выбросов обычно выполняются только с помощью регулирования двигателей. Единственное выделенное исключение – совместное сбраживание свиного навоза. Для образующегося биогаза обычно требуется удаление серы. Из-за высокого содержания серы, требуются меры предотвращения коррозии установки, использующей биогаз.

Экономика

Вспомогательные меры для снижения выбросов от дымовых газов при использовании биогаза в качестве топлива. Они считаются экономически неэффективными и не оправданными с экологической точки зрения для небольших установок в секторах выработки электрической/тепловой энергии. Для примера, используемые в Германии установки с теплопроизводительностью ниже 3 МВт (тепловых) имеют более высокие предельные значения.

Ограничения в применении

По крайней мере, три государства-члена имеют законодательство, регулирующее выбросы при использовании биогаза в качестве топлива.

### ***3.2.7 Повышение эффективности использования энергии электрических генераторов и систем анаэробного сбраживания***

Описание

Некоторыми рассматриваемыми проблемами являются:

а) для высокой эффективности использования энергии предпочтительным является биогаз с энергетическим эквивалентом от 20 до 25 МДж/нм<sup>3</sup>

б) КПД (электрический коэффициент преобразования) будет изменяться в соответствии с применяемой установкой для сжигания. Практический опыт с двигателями номинальной мощностью 200 кВт он составляет около 25%. Крупные установки (до 17000 кВт) могут иметь более высокий КПД – около 36%. Если имеется также дополнительная возможность нагрева воды с помощью выхлопных газов двигателя, тогда можно повысить общий КПД до 65-85%

с) установка двигателей на биогазе с КПД выше 30% является важной для достижения общего высокого КПД.

Достижимый положительный эффект

Повышение энергетической эффективности процессов анаэробного сбражи-

вания. Некоторые данные о выработке электроэнергии представлены в следующих двух таблицах (табл. 4.17 и 4.18). Диапазоны в этих таблицах широкие, и, вероятно, отражают не только различия в эффективности установок, но также и различия в исходном сырье.

**Таблица 3.17** **НЕТТО ВЫРАБОТКА ЭНЕРГИИ, КОТОРАЯ МОЖЕТ БЫТЬ ДОСТИГНУТА ПРИ ОПТИМАЛЬНОЙ РАБОТЕ ПРОЦЕССОВ АНАЭРОБНОГО СБРАЖИВАНИЯ**

Источник	Нетто выработка энергии (кВт-час/т отходов)		
	Минимум <sup>1</sup>	Средняя <sup>1</sup>	Максимум <sup>1</sup>
1		100	
2		102	
3		110	
4	80	110	140
5	75	113	150
6	100	115	130
7	105	131	157
8	120	145	170
9	100	150	200
10		154	
11	254	273	292

<sup>1</sup> Если приведена только одна цифра, в данной ссылке диапазон не приведен

112

**Таблица 3.18** **ВЫРАБОТКА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ И ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ ОТ АНАЭРОБНОГО СБРАЖИВАНИЯ**

Параметр	Низкое значение (кВт-час/т отходов)	Высокое значение (кВт-час/т отходов)
Выход биогаза	70 нм <sup>3</sup> /т отходов	140 нм <sup>3</sup> /т отходов
Процент метана	55	60
Теплотворная способность биогаза	385	840
Вырабатываемая электроэнергия (КПД 30%)	116	352
Электроэнергия на экспорт (70% вырабатываемой электроэнергии)	81	176
Тепло, утилизируемое вариант ТЭЦ (70%)	189	412
Тепло, экспортируемое для варианта ТЭЦ (80% утилизируемого тепла)	151	329

Примеры установок

Много примеров установок для анаэробного сбраживания имеется по всему миру.

### **3.2.8 Способы улучшения механико-биологической обработки**

Описание

Некоторые способы включают в себя:

- а) использование фильтров на выбрасываемом воздухе для минимизации выбросов твердых частиц
- б) снижение выбросов азотных соединений за счет оптимизации отношения C:N и использования кислотных скрубберов

с) предотвращение создания анаэробных условий в установках аэробной обработки (дефицит кислорода обычно вследствие насыщения) путем:

- введения в смесь достаточного количества древесных материалов (например, древесной щепы) и содержание сооружений открытыми. Это также помогает снизить воздействие избыточного азота

- предотвращение попадания материалов отходов, имеющих высокое влаго-содержание. Увеличение ограниченных промежутков между материалами отходов, препятствующих водоотводу через отходы за счет гравитации

д) контроль подачи воздуха с использованием стабилизированной воздушной цепи. Надежное регулирование аэрации можно проводить путем контролирования концентрации CO<sub>2</sub> в сегменте или с помощью измерений определенных параметров (например, O<sub>2</sub>, температуры, влажности, метана, ЛОС, CO<sub>2</sub>) в подаваемом воздухе. Это гарантирует достаточность подачи воздуха, независимо от состава отходов. Рабочий воздух собирается в помещениях, в системе выброса и т.д.

е) использование циркуляции воздуха для повышения концентрации соединений углерода в воздухе. Это делает термическое дожигание возможной альтернативой для биологического фильтра. Только в этих условиях, например при расходе воздуха 2500-8000 м<sup>3</sup> на тонну отходов можно проводить обработку (относящуюся к Разделу 4.2.11)

f) полностью определенные технические условия на исходное сырье

g) тщательное расположение компостных рядов для возможности надлежащего доступа с целью формирования и переворачивания

h) эффективное балансирование водного режима для минимизации образования фильтрата

i) наличие непроницаемой твердой площадки с достаточной площадью для возможности перемещений механического оборудования для переворачивания компостных рядов, а также для обеспечения места для дренажа собранного фильтрата

j) введение дренажного слоя с высокой проницаемостью, такого как древесная щепа, в структуре компостного ряда для возможности дренажа фильтрата и обдува воздухом компостного ряда

к) создание условий для сбора фильтрата с системами рециркуляции, для возвращения фильтрата в компостные ряды с целью поддержания оптимального влагосодержания, а также для облегчения очистки фильтрата

l) обработка конденсированной воды с помощью защитных зон, биореакторов и ультрафильтрации. Очищенные сточные воды (фильтрат) можно затем использовать в качестве технологической воды в контуре охлаждения, т.е. испарение в башенном охладителе

m) использование в качестве твердого топлива фильтрового кека, образующегося на фильтрах для улавливания пыли системы очистки воздуха

n) термическая изоляция потолочного перекрытия в помещении биологического разрушения при аэробной очистке для минимизирования образования конденсата

о) рециклинг технологической воды или илистых осадков в процессе аэробной очистки с целью полного предотвращения сбросов воды

р) установка, а затем эксплуатация конвейера и систем хранения, а также оборудования для внутренней очистки технологической воды и паров конденсата таким образом, чтобы не происходил рост диффузных (неорганизованных) выбросов

q) подготовка к биологической обработке исходного сырья для оптимизации биологической обработки. Это может включать в себя механические способы типа: отделения веществ, которые не годятся для биологической обработки; мешающих веществ и загрязняющих веществ, а также оптимизацию биологического разложения остающихся отходов за счет повышения наличия и гомогенности

г) контроль воздушных выбросов органических соединений, твердых частиц, запаха, аммиака, ртути, закиси азота и диоксинов. Некоторые способы такого контроля упомянуты в Разделе 4.6.

Достижимый положительный эффект

Установки МВТ являются очень гибкими. Их можно строить на модульной основе. Некоторые из упомянутых способов позволяют избегать запахов, выбросов азота и метана.

Оптимизированные биологические процессы сочетают в себе снижение сбросов в воду и выбросов в атмосферу в течение переработки на установке. Помимо этого, еще один положительный эффект для окружающей среды состоит в том, что отходы, подвергнутые механико-биологической обработке, характеризуются заметным снижением объема, влагосодержания и потенциалом образования газа, а также отличаются значительным улучшением поведения при выщелачивании и осаждении на полигонах. И последнее, отделяется поток с высокой теплотворной способностью, который можно сжигать с утилизацией энергии.

Механическая и физическая переработка, используемые в качестве подготовки для оптимизации условий последующей биологической обработки (например, смешивание, гомогенизация, увлажнение), корректируются для увеличения объемов отделения ценных материалов (например, черных металлов), драгоценных материалов или материалов, для которых биологическая обработка не пригодна. Иногда разделение используется больше, чем для одного типа материалов, упомянутых выше.

В отношении способа с) (см. описание выше), однако, контролируемые анаэробные условия, полученные при хорошо регулируемых процессах, могут быть интересными в аэробной очистке вследствие образования метана, который можно использовать в качестве подвозимой энергии для термической восстановительной очистки отходящих газов (а при повышении качества переработанных отходов с выполнением технических требований, очистка отходящих газов оптимизируется, и соблюдаются меры обеспечения безопасности (предотвращение взрывов и обеспечение безопасности сотрудников).

### Воздействие на окружающую среду

Нельзя избежать выбросов ЛОС с МВТ, поскольку ЛОС уже имеются в поступающих отходах, и ЛОС образуются в биологическом процессе. Таким образом, требования типа оснащения кожухом/полностью закрытых биореакторов, сбора отходящих газов и эффективной очистки их (с соблюдением предельных значений для выбросов) снижают такие выбросы. Аэробные системы (МВТ) годятся для обработки отходов, содержащих ЛОС. В дополнение к этому, аэробные системы могут дать возможность получить хорошо обработанные отходы, но все еще могут обладать высоким потенциалом для выбросов (аммиака и других соединений, образующихся при аэробной очистке) и высокой биологической активностью (при последующих аэробных условиях). Поэтому обычно требуется сочетание анаэробной (подготовка) и аэробной стадий.

В отношении способа с) из описания выше в части введения достаточного количества древесных материалов следует заметить, что обычно при МВТ имеется достаточное количество конструкционных материалов для данного исходного сырья (ТБО), и введение древесных материалов может вызвать проблемы в выполнении критериев для полигона (например, ТОС).

В отношении способа е) из описания выше, когда рециркулирующий воздух имеет высокую влажность, очистка отработанного воздуха может вызвать проблемы. В таком случае необходимо конденсировать водяные пары, и, таким образом, сконденсированную воду необходимо чистить и охлаждать.

В отношении способа о) из описания выше, аэробная очистка должна проводиться с учетом того, что накапливание рециклируемых веществ может привести к нежелательным воздействиям (засоление → ингибирующее действие, рециклинг соединений азота → повышенные выбросы в воздух соединений азота (например, аммиака, закиси азота)).

### Эксплуатационные особенности

Аэробные биологические системы обычно более надежные, чем анаэробные системы, и они менее чувствительны к хлорированным соединениям и соединениям серы, колебаниям рН и температуры, и для них не требуется стадия предварительного подкисления.

Надлежащая практика эксплуатации должна определить, будет или не будет участок оставаться аэробным. В интересах оператора поддержание аэробных условий во избежание проблем с запахами и для ускорения темпов аэробного разложения. Анаэробные условия могут привести к дополнительным проблемам, т.е. нерегулярным событиям, которые приходится регистрировать в журнале участка.

Когда относительная влажность отработанного воздуха высокая (более 90%), выбросы твердых частиц бывают низкими.

### Применимость

МВТ широко используются для обработки ТБО, осадков и других типов отходов. Аэробные системы могут не годиться для переработки отходов, содер-

жащих ЛОС, которые могут выбрасываться в воздух. Аэробные системы менее эффективны при разрушении кольцевых соединений (например, фенолов), чем анаэробные системы.

Ограничения в применении

Критерии приемки биоразлагаемых отходов Полигонной директивы. Эти критерии предназначены для снижения содержания биоразлагаемых отходов, и, тем самым, приводят к значительному снижению выбросов газов и сбросов фильтрата на полигоне.

Примеры установок

Широко используются по всей Европе. Аэробные системы используются для снижения количества гниющих отходов и отходов с высоким влагосодержанием перед полигонным депонированием или для производства топлива из отходов. Это обычная практика перед полигонным депонированием в Европе.

### 3.2.9 Аэробное разложение суспензий

Описание

Биологическая обработка суспензий.

Достижимый положительный эффект

Примером процесса является двух стадийный периодический процесс, используемый для переработки отходов, пропитанных креозотом. Это связано с суспендированием отходов, пропитанных креозотом, поверхностно-активными веществами в емкости в течение семи дней при 20% твердых частиц, а затем с перемещением надсадочной жидкости в осветляющий реактор на 14 дней для дополнительной биологической обработки. При этом происходит снижение концентрации РАН, приведенное в табл. 3.19:

Таблица 3.19 **СООБЩЕННЫЕ ДАННЫЕ О СНИЖЕНИИ СОДЕРЖАНИЯ ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИХ АРОМАТИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ**

Составляющие	Начальная концентрация (частей на млн.)	Конечная концентрация (частей на млн.)
Фенантрен	13000	<100
Флюорен	7000	<100
Флюорантен	8000	<500
Пирен	6000	<500
Бенз-а-пирен	9000	<100
Бенз-б-флюорантен	13000	<500
Бенз-а-антрацен	11000	<100

Воздействие на окружающую среду

При перемешивании происходит не только гомогенизация суспензии, но также оказывается содействие испарению загрязняющих веществ.

Применимость

Отходы могут быть в виде осадков или твердых частиц. Способ применяется для переработки отходов пропитанной древесины, отходов, пропитанных креозотом, осадков переработки нефти и загрязненных почв.

### 3.2.10 Контроль аэрации при биологическом разложении

#### Описание

Некоторые способы включают в себя:

а) проведение работ при повышенном давлении

- это дает следующие преимущества:
- снижение риска увлажнения и уплотнения вентилируемого пола
- очищенные потоки воздуха и естественное выделение тепла
- низкие требования к строительству вентилируемого пола
- однако имеются также и недостатки:
- смешивание воздуха в бурте с воздухом в помещении
- поступление воздуха, насыщенного водяными парами, в помещение
- ограниченная доступность помещения
- высокая коррозия конструктивных элементов и машинного оборудования с повышенным абразивным износом и затратами на обслуживание
- невозможность определения в качестве параметра процесса отработанного воздуха
- биологическое разрушение может контролироваться только с помощью косвенных измерений и опыта
- невозможна раздельная обработка и очистка отработанного воздуха из бурта и из помещения

б) проведение работ с отсосом (при пониженном давлении)

работа с отсосом по сравнению с работой при повышенном давлении имеет следующие преимущества:

- только небольшое загрязнение воздуха в помещении воздухом из бурта
- низкая коррозия конструктивных элементов и машинного оборудования
- в течение аэрации бурта помещение доступно
- возможность определения параметров процесса в отработанном воздухе из бурта

• возможны раздельный сбор и очистка воздуха из бурта

- недостатками работы с отсосом являются:
- повышенные требования к строительству вентилируемого пола
- опасность увлажнения отдаленного и диффузного слоя воздуха

с) наличие вентилируемого пола с разрезными плитами и полуподвала обеспечивает равномерную аэрацию с полным перемещением/переворачиванием

д) адаптация аэрации к деятельности по биоразложению материала с помощью сегментации зоны биологического разложения в отдельно контролируемых аэрационных областях. Регулирование количества воздуха с помощью вентиляторов с частотным регулированием или чередующейся циклической работы для аэрационной области в зависимости от температуры и содержания кислорода,

е) обеспечение наличия равномерного потока через биоразлагаемый материал в полах туннельной системы при использовании установки трубопроводов с перфорированными отверстиями и относительно высокого давления

f) использование теплообменников для снижения температуры отработанных газов и влажности для того, чтобы обеспечить сброс тепла в системы циркуляции воздуха.

Достижимый положительный эффект

Целями аэрации являются:

- обеспечение достаточного содержания кислорода в бурте
- предотвращение образования метана в анаэробных областях
- выбросы любого образующегося метана
- отвод выделяющегося при реакции тепла
- возможность биогенной сушки (на установках МВТ со стабилизацией сухой фракции)

Воздействие на окружающую среду

Цели, упомянутые выше, состоят в уравнивании конкурирующей цели минимизации количества воздуха и потерь при испарении.

Эксплуатационные особенности

В статических биологических системах не имеется переворачивания. Обычно поддерживается правило, что, чем короче интервалы переворачивания (с одновременным увлажнением), тем выше опасность того, что бурт будет сухой. Увлажнение бурта без переворачивания часто приводит только к увлажнению слоев вблизи поверхности.

Применимость

В закрытых системах, таких как туннели, коробах или контейнерах, аэрация биологически разлагаемых продуктов под давлением и с помощью работы при циркуляции воздуха. В системах закрытого типа используются как системы под давлением, так и с отсосом.

Экономика

Инвестиционные затраты на строительство вентилируемого пола с разделенными плитами и полуподвалом на 40-50% выше, чем для других имеющих систем (например, вентиляционные трубы или каналы на дне помещения).

### **3.2.11 Управление отработанными газами в МВТ**

Описание

Надежная система управления отработанными газами состоит из следующих элементов:

- а) отдельный сбор частичных расходов отработанных газов
- б) минимизация отработанных газов путем множества использований/каскадного использования, круговой направляющей
- в) минимизация отработанных газов за счет анаэробного сбраживания органических веществ (ферментация с использованием биогаза вместо аэробного разложения)
- г) очистка частичных расходов с помощью сочетания компонентов биологической, химической, физической и термической обработки
- е) снижение удельных выбросов отработанных газов в диапазоне от 2500 до

8000 нм<sup>3</sup> на тонну отходов за счет установки круговой направляющей в теплообменниках и путем отвода избыточного тепла в качестве предварительного условия для эффективной работы круговой направляющей

f) повторное использование отработанного воздуха в максимально возможной степени. Остальной воздух необходимо очистить перед сбросом в атмосферу

g) очистка отработанных газов в зоне поставки, в таких местах, где расположены низкие бункеры и подземные бункеры, с проведением механической переработки поступающих отходов или без таковой, или рециклинг газа в качестве поставки воздуха (технологический воздух) для биологического разрушения

h) установка в закрытых помещениях с затворами или эквивалентными устройствами участков разгрузки, питательных бункеров и приемных бункеров или другого оборудования для поставки, транспортирования и хранения поступающих веществ. Цель этой меры состоит в минимизации диффузных выбросов. В затворах это достигается с помощью отсоса из района шлюза с тем, чтобы поддерживать окружающее давление ниже атмосферного давления

i) для машин, аппаратов или другого оборудования, используемого для механической обработки или для физического разделения отходов, например, с помощью дробления, классификации, сортировки, смешивания, гомогенизации, обезвоживания, сушки, гранулирования или прессования, система управления должна обеспечить, чтобы потенциальные диффузные выбросы были минимизированы с помощью герметизации или отсоса (узел отсасывания) индивидуальных агрегатов

j) использование закрытых контейнеров для удаления объектов, являющихся источниками образования пыли

к) использование герметизированных или закрытых систем для транспортирования и переработки остатков сбраживания. Отработанный воздух от этих систем должен собираться (помещение и источник отсоса), предпочтительно так, чтобы его повторно использовать в процессе или очистить

l) разделение общего потока так, чтобы можно было очистить сильно загрязненные отработанные газы и мало загрязненные газы. Поэтому выбор подходящей системы для очистки мало загрязненного, но склонного к образованию запаха отработанного воздуха, играет ключевую роль в установках МВТ с длительным по времени биологическим разложением. Однако система дополняется другими компонентами, такими как кислотный скруббер (абсорбция аммиака), фильтром для сбора пыли и окислительным устройством для очистки сильно загрязненных потоков, главным образом со стадии предварительного биологического разрушения. Тип окислительного устройства (термического, химического, физического) и количество отработанных газов от предварительного биологического разрушения, должны быть адаптированы к концепции выбранного процесса и привязаны к каждому индивидуальному случаю

м) мониторинг выбросов отработанных газов и использование данных для регулирования биологических процессов

п) использование систем абсорбции/десорбции и сжигания в случае низкой концентрации углеродистых соединений.

Достижимый положительный эффект

Снижается использование воздуха и выбросы отработанного воздуха.

Ограничения в применении

Управление отработанными газами относится как ко всему объекту, так и к организации производственного процесса. Следующие факторы играют ключевые роли в любой стратегии управления отработанными газами:

- минимизация объема помещения
- сегментация функциональных блоков
- меры, приближенные к источнику, для активной и пассивной минимизации выбросов.

Применимость

Механико-биологическая обработка (МВТ).

### 3.2.12 Способы уменьшения выбросов для биологической обработки

В табл. 3.20 показаны способы уменьшения выбросов, сообщенные как применяемые на установках для биологической обработки. Они подробно описаны в Разделе 4.6.

Таблица 3.20 СПОСОБЫ УМЕНЬШЕНИЯ ВЫБРОСОВ В ВОЗДУХ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ НА УСТАНОВКАХ ДЛЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Способ	Соответствующий номер раздела документа
Обычное предотвращение	Раздел 4.6.1
Адсорбция	Раздел 4.6.7
Биофильтры	Раздел 4.6.10
Химическая очистка	Раздел 4.6.12
Способ	Соответствующий номер раздела документа
Процессы с низким окислением	Раздел 4.6.13
Сжигание	Раздел 4.6.14
Каталитическое сжигание	Раздел 4.6.16
Регенеративный термический окислительный аппарат	Раздел 4.6.18
Не термическая плазменная обработка	Раздел 4.6.20

## 3.3 Способы физико-химической обработки

В этом разделе содержится описание способов, которые рассматриваются как имеющие хорошие экологические показатели (например, использование качественной энергетической системы) или которые помогают в создании хороших экологических показателей (например, системы экологического менеджмента). Способы в этом разделе относятся к физико-химической обработке, описанной в Разделе 2.3.

### **3.3.1 Способы, используемые на установках для физико-химической очистки сточных вод**

#### **3.3.1.1 Планирование работы установок для физико-химической переработки**

##### Описание

Необходимо следовать таким принципам:

- а) все установки с приборами измерения и регулирования должны быть легко доступны для обслуживания
- б) должна быть установлена система контроля и проверки
- в) контроль приемки необходимо адаптировать к информации о данных анализа о подтверждении размещения отходов и порядке ведения технологического процесса, предусмотренного для каждой конкретной обработки
- д) образование сточных вод следует предотвращать в максимальной степени с помощью конструктивных мер, кровли и зоны приема
- е) для предотвращения нежелательного смешивания емкости, в которых происходят реакции, должны служить также в качестве контейнеров для хранения
- ф) должны быть предусмотрены адекватные емкости для хранения, так как требуемое время и поставка обычно не совпадают
- г) концепция установки должна предусматривать потенциальные изменения или расширение
- х) сбор и транспортирование отходов, а также доставка (количество, время) должны корректироваться с работой установки
- и) производители и дистрибьюторы должны обращаться ко всем техническим подробностям (например, о контейнерах, трубопроводах, насосах, клапанах и фильтрах)
- й) планирование и строительство (особенно правовые вопросы) должны обсуждаться с самого начала с ответственными органами и с лицами, отвечающими за техническое планирование.

Достижимый положительный эффект

Снижаются выбросы при установленной правильной процедуре переработки на установке для физико-химической переработки.

Ограничения в применении

Установка для физико-химической переработки проектируется с учетом поступающего потока материалов. Например, необходимо различать два фундаментально разных случая:

- 1) определение размеров установки, на которой перерабатываются близкие типы отходов
- 2) определение размеров установки, на которой перерабатываются разные типы отходов

В случае (1) установку можно проектировать на основе экспериментов, которые планируются специально под требования для отходов. Необходимые стадии процесса можно испытывать индивидуально или во взаимодействии; результатом является оптимальное решение переработки. В случае (2) должны

планироваться различные процессы переработки, что приведет к оптимальной переработке при работе разных установок при некотором их взаимодействии. В дополнение к этому, в то время как в случае (1) непрерывно работающие установки представляются уместными, в случае (2) должна быть рекомендована периодическая работа, поскольку корректировка технологии и режима работы различным образом реагируют на поведение отходов.

Применимость

Применимо ко всем новым установкам.

### **33.1.2 Технологии для физико-химических реакторов**

Описание

Некоторые способы включают в себя:

а) четко определенные цели и ожидаемые химические реакции для каждого процесса переработки. Необходимо определить конечную стадию процесса с тем, чтобы результаты можно было контролировать, а проект должен учитывать вероятные переменные, ожидаемые в потоке отходов

б) оценку каждой новой группы реакций и предлагаемых смесей отходов и реагентов перед переработкой в рамках испытаний в лабораторном масштабе используемых отходов и реагентов. Необходимо сделать так, чтобы смешивание отходов и все реакции, которые должны произойти в установке полного масштаба, были проведены по предварительно определенной "рецептуре". При этом необходимо учитывать потенциальные воздействия масштаба, например, возрастающую теплоту реакции, рост массы с ростом этой теплоты по отношению к объему реактора, возрастающее время пребывания в реакторе и измененные свойства реакции и т.д.

с) специально сконструированный и работающий химический реактор, отвечающий предназначенной цели. Такое проектирование должно включать в себя рассмотрение опасностей химического процесса, оценку опасностей химических реакций, соображения о соответствующих мерах предотвращения и защиты вместе с соображениями планируемого управления процессом, т.е. рабочими инструкциями, обучением персонала, обслуживанием установки, проверками, аудитом и порядком действий в аварийной ситуации

д) ограждение всех емкостей для переработки/проведения химических реакций и обеспечение возможности сброса в атмосферу через соответствующую систему очистки и борьбы с выбросами в окружающую среду

е) в случае необходимости обеспечения загрузки химического реактора смешанными отходами и реагентами для некоторых химических реакторов может потребоваться "предварительное известкование" или предварительная загрузка реагирующими щелочами для контроля реакции, с использованием, например, раствора гидроксида кальция, приготовленного перед загрузкой в химический реактор

ф) предотвращение слива содержимого пакетов или бочек непосредственно в реактор. Такая практика может привести:

- к концентрации "горячих точек" на поверхности реагирующего раствора

- к потере контроля за реакцией
- к выбросу дыма от мгновенных реакций на поверхности раздела
- к дыму, выходящему из открытого люка, и, таким образом, байпасированию соответствующего подавления выбросов

г) мониторинг реакции для обеспечения контроля за процессом вплоть до получения ожидаемого результата. С этой целью емкости, используемые для переработки, должны быть оснащены средствами контроля верхнего уровня pH и температуры. Они должны работать в непрерывном автоматическом режиме, и соединены с системой четкой индикации на пульте управления или лаборатории, вместе с аварийной звуковой сигнализацией. Мониторинг реакции необходим, поскольку характеристики реакции в реакторе могут изменяться по отношению к тому, что было получено при лабораторных испытаниях. Мониторинг должен дать раннее предупреждение о любых отклонениях от лабораторных испытаний, и он также необходим, чтобы была возможность принятия мер для остановки или изменения реакции. Должно быть, следовательно, предусмотрено охлаждение и (или) закалка химического реактора

h) обеспечение адекватного смешивания в емкости для переработки, так как это может определить исправность реактора. Должен быть предусмотрен метод смешивания. Стандартным методом для перемешивания содержимого емкости является вращающаяся крыльчатка. Имеется геометрическое соотношение между размером крыльчатки и зазором от емкости (определяется типом и размером емкости). Это также зависит от скорости перемешивания и характеристик отходов. Место входа крыльчатки в емкость должно иметь уплотнение.

и) для того, чтобы отслеживать и контролировать процесс изменений, ведется письменная процедура для предложения, рассмотрения и одобрения любых изменений или технических разработок, включая все процедурные изменения или изменения качества

j) обеспечение возврата любых ВОС, которые выделяются вследствие роста температуры в химическом реакторе, в систему очистки после конденсации в скрубберах

к) мониторинг реакции на всем ее протяжении. Это может быть необходимо для отвода отработанных газов из реактора

l) наличие системы, как в случае большинства участков, для обмена воздуха над химическим реактором и прохождения его через определенную систему очистки для удаления таких газов как аммиак, хлорид водорода, диоксид серы. Обычно смольная вода от скрубберов возвращается на установку для переработки, а система активированного угля регенерируется (например, с помощью отгонки паром) или в случае невозможности этого, активированный уголь сжигается.

Достижимый положительный эффект

Контроль реакции/процесса переработки имеет решающее значение для защиты окружающей среды и для предотвращения возможных аварий. Можно достичь степени удаления металлов 96%.

### Применимость

На физико-химических установках проводится проверка поступающих отходов для возможности хранения их в надлежащих баках и для уравнивания реакций.

### Ограничения в применении

Имеются некоторые национальные стандарты для стоков, например, Закон о загрязнении поверхностных вод в Нидерландах.

### Примеры установок

В общем, баки для реакции нейтрализации оснащаются установками типа щелочного скруббера, и большинство кислых газов возвращается в процесс вместе с некоторыми ЛОС и почти всеми твердыми смолистыми частицами. Производительность установок меняется от 200 до 40000 м<sup>3</sup>/год.

## 3.3.1.3 Нейтрализация

### Описание

Цель и принцип работы нейтрализации приведены в Разделе 2.3.2. Некоторые рассматриваемые проблемы включают в себя:

а) предотвращение смешивания в одно и то же время отходов кислот/щелочей с другими потоками, которые должны быть нейтрализованы, когда в смеси содержатся металлы и комплексообразующие вещества. Это предотвращает образование комплексных соединений металлов, которые (с экономической точки зрения) трудно впоследствии разделить. Следует остерегаться включать комплексообразующие ионы, например, этилендиаминтетрауксусную кислоту, нитрил ацетатную кислоту и цианиды

б) изготовление необходимого оборудования для нейтрализации надежно в эксплуатации и простого в исполнении, выдерживающего работу в установках для физико-химической переработки отработанных кислот/оснований, нуждающихся в нейтрализации

с) использование стандартных методов измерений, т.е. с помощью стеклянных электродов или подобных датчиков при работе установок для физико-химической переработки (нейтрализации) вещества отходов, если электроды постоянно очищаются и надлежащим образом калибруются. Определение величины рН также возможно с помощью измерения подготовленных проб или измерений с использованием лакмусовой бумаги

д) отдельное хранение нейтрализованных сточных вод для того, чтобы избежать негативного воздействия на качество очищенных сточных вод вследствие вторичных реакций, происходящих, если бы они хранились вместе. Конечная проверка очищенных сточных вод должна выполняться после истечения достаточного времени хранения.

### Достижимый положительный эффект

Улучшение характеристик процесса нейтрализации и предотвращение последующих проблем (например, предотвращение смешивания отходов или других отходов таким образом, чтобы дальнейшая очистка сточных вод больше не была возможной).

#### Взаимодействие между элементами

Если серная кислота ( $H_2SO_4$ ) и известковое молоко [ $Ca(OH)_2$ ] соединяются, может образоваться продукт реакции - гипс. Появление гипса может привести к отложениям и появлению корки, вызывая серьезные эксплуатационные нарушения и необязательное широкомасштабное обслуживание и ремонт. Однако эти проблемы можно минимизировать с помощью адекватного функционирования процесса нейтрализации (использование разбавленной  $H_2SO_4$  и предварительной нейтрализации известью) и энергичного смешивания. Если для нейтрализации вместо извести использовать  $NaOH$ , могут возникнуть другие проблемы. Согласно некоторым опытным данным, высокие концентрации сульфатов в сточных водах, вызываемые нейтрализацией  $NaOH$ , могут воздействовать на системы канализации, выполненные из бетона, и, следовательно, привести к выделению запахов.

#### Применимость

Нейтрализацию можно применять ко всем поддающимся смешению жидким отходам.

#### Примеры установок

В разбавленной водной системе имеется возможность проведения процессов нейтрализации без преднамеренного или случайного образования газов. В такой системе процессы, связанные с наличием потенциально опасных веществ, например, нейтрализация кислоты может обычно проводиться без образования веществ, для которых требуется непрерывное подавление, например,  $SO_x$  и т.д.

### 3.3.1.4 Осаждение металлов

#### Описание

Цель этих способов состоит в осаждении металлов, содержащихся в сточных водах. Некоторые способы включают:

- а) подкисление отходов для растворимости всех металлов на первой стадии
- б) корректирование рН до точки минимальной растворимости, когда металлы будут осаждаться
- с) возможность осветляться получаемых обработанных отходов с помощью обезвоживания, когда возможно (например, высокие концентрации металлов в воде, когда очень трудно сделать осветление с помощью обезвоживания), и (или) с помощью другого обезвоживающего оборудования (например, фильтр-пресс или центрифуга)
- д) предотвращение поступления комплексообразующих веществ, хроматов и цианидов (вследствие опасности образования  $HCN$  из подкисленных материалов отходов)
- е) использование изменённых условий осаждения, например, если концентрация целевого металла очищенных сточных вод не достигается при использовании осаждения гидроксида (например, вследствие наличия комплексообразующих веществ таких, как сульфид натрия или органические

сульфиды). Цель состоит в образовании сульфидов металлов, которые трудно растворяются в воде. Используется сульфид водорода, и, поэтому, особого рассмотрения требуют рабочие условия и выбросы. На практике осаждение сульфидов используется при очистке сточных вод, содержащих комплексобразующие вещества

f) предотвращение попадания органических материалов в процесс, так как обычно они срывают реакцию осаждения

g) организация процесса в соответствии со следующими стадиями:

- экспериментальное исследование в лаборатории; определение программы обработки

- установление контрольных значений процесса, например, величины рН, температуры, концентрации металлов

- определение вспомогательных агентов согласно типу, количеству, концентрации

- определение дозы для вспомогательных агентов, например, л/ч

- определение последовательности добавки вспомогательных агентов

- функциональные испытания оборудования

- осуществление осаждения/флоккуляции; документальное ведение контроля процесса.

Достижимый положительный эффект

Такие металлы как хром, цинк, никель, свинец, обычно находятся растворенными в растворе или абсорбируются на твердых или коллоидных частицах. Это относительно простая и надежная технология, и она обеспечивает эффективность до 95%.

Взаимодействие между элементами

Хром (III), цинк и кадмий являются амфотерными, поэтому растворимость будет повышаться с ростом рН выше их минимальных коэффициентов растворимости. Образование осадка, содержащего металлы, можно рассматривать как взаимодействие между средами. Количество фильтрового кека можно снизить за счет замены известки гидроксидом натрия, однако, в таком случае не осаждаются фториды.

Использование сульфидного способа e) (см. описание выше) обычно приводит к высокой концентрации сульфидов в сточных водах. Или же можно применять влажное окисление или разделение в источнике.

Ограничения в применении

Подобно нейтрализации кислот/оснований, процесс связан с добавкой кислоты или щелочи (которые могут быть отходами) в химический реактор, снабженный перемешивающимся устройством. Обычно в качестве гидроксида используется известь.

В отношении способа b) (см. описание выше) (табл. 3ю48 в Главе 3) показан диапазон значений рН для осаждения различных металлов как гидроксидов. Величина рН для минимальной растворимости зависит от металла, а в случае смеси металлов, требуется подбор оптимального значе-

ния. Для такого оптимального значения рН может оказаться, что некоторые металлы не будут осаждаться вообще. По этой причине в некоторых случаях для максимального удаления металлов используется более, чем одна стадия рН.

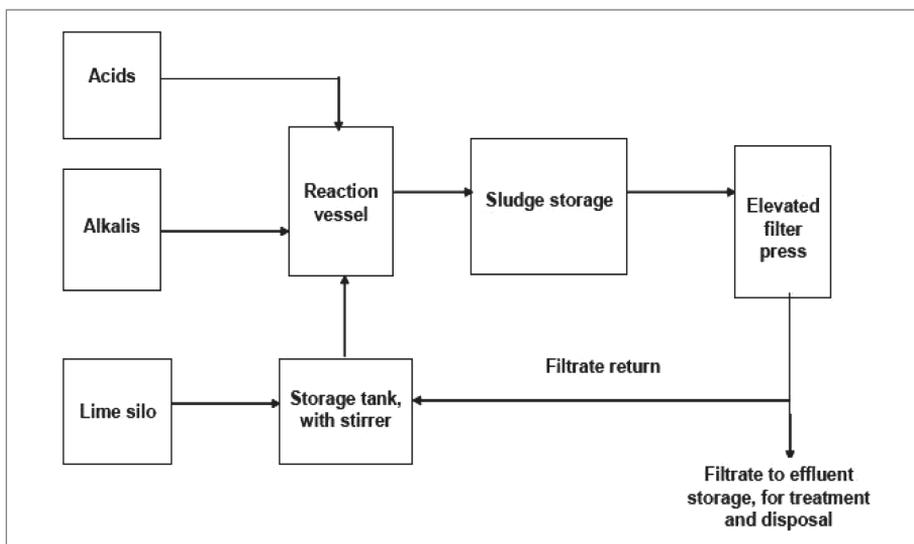


Рисунок 3.3 - Представление процесса осаждения/нейтрализации

Пояснения к рисунку:

Acids – кислоты

Alkalis – щелочи

Limesilo – бункер для извести

Reactionvessel – химический реактор

Storagetank, withstirrer – бак для хранения с мешалкой

Sludgestorage – хранение осадка

Filtratereturn – возврат фильтрата

Elevated filter press – приподнятый фильтр-пресс

Filtratetoeffluentstorage, fortreatmentanddisposal – фильтрат к хранению стока, для переработки и размещения

Преимущества периодической работы при переработке отходов с характеристиками сильно изменяемыми от нагрузки до нагрузки, как было показано с помощью результатов работы и опыта, например:

- для постоянного значения рН концентрация металла в сточных водах все еще может снижаться
- при повторном смешивании сточных вод и седиментационного осадка может быть достигнут эффект дополнительного совместного осаждения; предварительным требованием для совместного осаждения является легкая циркуляция осадка и перенос.

Так как, в общем, используются материалы, вызывающие коррозию металлов, установка (контейнеры, трубопроводы, технология измерения) должна быть соответствующим образом оснащена и (или) защищена (использование синтетических материалов, окрашивание и т.д.).

#### Применимость

Процессы очистки сточных вод связаны с переработкой разнообразных совместимых материалов с помощью осаждения растворимых металлов и кислотных анионов из раствора. Это приводит к увеличению размера взвешенных твердых частиц, что способствует разделению твердой и жидкой компонентом на последней фазе с помощью осветления и фильтрации. Обычные отходы включают в себя отходы коллектора сточных вод, отходы камер для окрашивания путем распыления и сточные воды технологических процессов.

#### Ограничения в применении

В Нидерландах способ концентрирования металлов в осадке применим для сточных вод, содержащих металлы, когда в сточных водах содержатся металлы (As, Co, Cr, Cu, Fe, Mo, Ni, Pb, Sn, V и Zn) с концентрацией больше, чем 200 мг/л, из которых 25 мг/л находится в водной фракции и (или) количество Cd больше, чем 0,2 мг/л. Исключение составляют растворы травильных кислот и сточных вод, содержащих благородные металлы.

#### Примеры установок

В одной из установок в химический реактор добавляли гальванические стоки/травильную кислоту, снижая рН до 5. Это позволяет выделить ионы железа из кислоты, действуя в качестве восстановительного агента, восстанавливая металлы от высокого до низкого окислительного состояния (валентности), которые затем можно удалить (как гидроксиды) из раствора с помощью повышения рН до 9 при добавке извести.

### **3.3.1.5 Разрушение эмульсии**

#### Описание

Некоторые способы включают в себя:

- а) использование отработанных кислот и отработанных щелочей как материалов для разрушения эмульсий
- б) использование испарения, ультрафильтрации или органических разрушающих агентов
- с) проверка на наличие цианидов в обрабатываемых эмульсиях. Если цианиды имеются, сначала необходима специальная предварительная обработка эмульсии
- д) проведение сначала модельных лабораторных испытаний. Оператор обычно устанавливает программу обработки, в которой содержатся подробные данные о типе и количестве использованных кислот, растворов каустической соды и флокулянтов. Лабораторные испытания на пробах могут помочь в определении того, можно ли достичь адекватного качества сточных вод

е) проведение процесса со значительной точностью и контролем за процессом расщеплением органических соединений.

Достижимый положительный эффект

Кислотное расщепление эмульсий имеет чрезвычайную важность для размещения отходов и защиты воды, поскольку отходы, такие как отработанные кислоты и щелочи, можно использовать для переработки эмульсий. При органическом расщеплении возможно неполное расщепление в случае недостаточной дозы, и возможно новое образование эмульсий при избыточной дозе.

Способы, упомянутые в описании, являются важными для рассмотрения при определении наиболее подходящего метода для разрушения каждого типа эмульсии во избежание экологических и эксплуатационных проблем.

Воздействие на окружающую среду

Возможно, что будет необходима дополнительная обработка сточных вод для переработки эмульсии, например, использование ионного обмена, или адсорбции активированным углем. Если это невозможно, следует разработать инструкцию по эксплуатации в программе обработки.

Использование отработанных кислот и щелочей (см. способ а) в описании выше) обычно приводит к образованию сточных вод с повышенными концентрациями солей и остающихся масел. Маслянистые осадки обычно труднее депонировать, и масло не может быть утилизировано.

Взаимодействие между элементами

Реальная обработка эмульсии, на которую также ссылаются как на расщепление эмульсии, состоит из двух стадий обработки:

- дестабилизация (разделение) эмульсии с помощью смешивания эмульсии с кислотой
- флокуляция и осаждение растворенных металлов, находящихся в разделенной эмульсии.

### **3.3.1.6 Окисление/восстановление**

Описание

Некоторые способы включают в себя:

а) уменьшение выбросов в воздух, образующихся при окислении/восстановлении

б) наличие действующих мер безопасности и детекторов на присутствие газа (например, пригодных для определения HCN, H<sub>2</sub>S, NO<sub>x</sub>).

Достижимый положительный эффект

Снижаются выбросы, которые могут происходить от окислительно-восстановительных реакций.

Примеры установок

Сбор отработанных газов обеспечивается с помощью отсоса вентилятором и фильтра вытяжных систем. Здесь не проводятся измерения, так как расход отработанного воздуха переоценен. Фильтр, который может быть в виде кислот-

ного или щелочного скруббера, регулярно контролируется и при необходимости регенерируется.

### **3.3.1.7 Технологии обработки отходов, содержащих цианиды**

#### **Описание**

Цианиды можно разрушить с помощью использования видов окислителей, таких как гипохлорит, хлор, озон, пероксиды с ультрафиолетовым излучением. Другие способы могут включать в себя электрохимическое окисление или влажное окисление воздухом (от среднего до высокого давления). Высокая температура также разрушает цианиды в твердых отходах. Однако способы сжигания не включены в этот документ. Некоторые рассматриваемые проблемы включают в себя:

а) цианиды могут разрушаться в потоках сточных вод путем окисления с помощью основного окислительного агента при рН не менее 10 и концентрации хлора менее 1 г/л. Реакция очень быстрая

б) добавка каустической соды с избытком может предотвратить падение рН до слишком низкого значения

с) необходимо избегать смешивания цианидных отходов с кислотными соединениями (например, нейтрализация, кислотное разрушение эмульсии)

д) так как обработка цианидов происходит с помощью окисления, разрушение можно проверить путем измерения окислительно-восстановительных потенциалов. Поэтому добавка, например, гипохлорита натрия в сточный колодец может контролироваться

е) использование электролиза для окисления цианидов.

Достижимый положительный эффект

Отходы цианидов нельзя легко восстановить до цианидов, и любой сброс цианатов в водоем не приведет к образованию свободных цианидов. Имеются также небольшие риски для здоровья. Предварительная обработка сточных вод, содержащих цианиды, является важной для того, чтобы избежать образования металлоцианидных комплексов. Применяя эти способы можно достигнуть концентрации меньше, чем 0,1 мг/л.

Взаимодействие между элементами

Использование окисляющего вещества (например, гипохлорита, перманганата калия), когда это требуется.

Использование гипохлорита или хлора приводит к повышению содержания солей в сточных водах и может также привести к возрастанию содержания АОХ. Также в течение обработки хлористым окисляющим веществом может образовываться хлорциан. Возможно использование хлорированных окисляющих веществ, чтобы рН среды оставался выше 10. Если рН слишком низкий, могут образовываться хлорциан и цианистый водород. Если имеется избыток гипохлорита, может выделяться газообразный хлор, в то время, как дефицит гипохлорита приводит к образованию остаточных цианидов.

Использование  $H_2O_2$  или озона в качестве окисляющего вещества не приводит к образованию каких-либо побочных продуктов, что показано в следующих реакциях:



Ограничения в применении

Сброс сточных вод в водоемы непрерывно контролируется на содержание цианидов, свободного хлора и уровня pH. Использование чистого кислорода в качестве окисляющего вещества не является настолько эффективным, как использование других упомянутых веществ.

Применимость

Методы химической и термической обработки наиболее широко используются для деструкции потоков отходов, содержащих цианиды.

Ограничения в применении

Деструкция цианидов.

### **3.3.1.8 Технологии обработки отходов, содержащих соединения шестивалентного хрома**

Описание

Некоторые способы включают в себя:

а) следует избегать смешивания отходов шестивалентного хрома с другими отходами

б) переход шестивалентного хрома в менее опасный трехвалентный хром может быть достигнут с помощью восстановительного агента, например, пиросульфата натрия, тринатрийфосфата, дитионита натрия. Трехвалентный металл затем можно осадить обычным способом (см. Раздел 33.1.4).

Достижимый положительный эффект

Хром (VI) обладает самой высокой валентностью этого металла, примером этого является хромовая кислота или оксид хрома ( $CrO_3$ ), который является кислотным, токсичным, водорастворимым и используется в качестве окисляющего агента. Этими методами обработками достигаются концентрации Cr (VI) меньше, чем 0,1 мг/л.

Взаимодействие между элементами

Имеется необходимость в восстанавливающем агенте.

Ограничения в применении

Обработка с помощью непосредственной нейтрализации соединений хрома (VI) является неэффективной, так что необходимо применить начальную стадию, связанную с восстановлением до Cr (III), трехвалентного состояния.

### **3.3.1.9 Технологии очистки сточных вод, загрязненных нитритами**

Описание

Некоторые способы включают в себя:

а) предотвращение смешивания нитритных отходов с другими отходами

б) проверка и предотвращение образования нитрозных паров в течение окисления и подкисления нитритов

с) проверка и предотвращение образования нитрозных паров в течение восстановления нитритов.

Достижимый положительный эффект

Могут быть достигнуты концентрации нитритов ниже 2,0 мг/л за счет хорошей оптимизации процесса обработки нитритов.

Взаимодействие между элементами

Требуется использование окисляющего вещества в процессах окисления. В качестве восстановительного агента используется мочевины или сульфаминовая кислота.

Примеры установок

Имеется три установки с

### **3.3.1.10 Обработка фенольных растворов с помощью окисления**

Описание

Возможна очистка сточных вод, содержащих фенол (3-5% вес.) с помощью каталитического окисления, с использованием окислительного агента и металлического катализатора или сильного окислительного реагента (например,  $\text{KMnO}_4$ ).

Достижимый положительный эффект

Снижения содержания фенола в сточных водах.

Взаимодействие между элементами

Использование при необходимости окислительного агента и катализатора.

Эксплуатационные особенности

Процедура очистки должна проводиться с учетом экзотермического характера реакции. Исходное сырье может быть разбавлено перед очисткой. Непрерывно контролируются температура процесса, pH и окислительно-восстановительный потенциал.

Примеры установок

Работа установки в Соединенном Королевстве продемонстрировала использование этого процесса на загрузке объемом три тонны в емкости с двойной обшивкой из нержавеющей стали.

### **3.3.1.11 Технологии для отходов, содержащих аммиак**

Описание

Некоторые способы включают в себя:

а) отходы с растворами аммиака до 20 % вес. обрабатываются с использованием системы двухколонной отгонки воздухом с кислотным скруббером. Двухколонный процесс работает таким образом, что в первой колонне повышается температура исходного сырья и поддерживается pH от 10 до 11. Затем исходное сырье поступает во вторую насадочную колонну, где оно движется противоточно с воздухом

б) утилизация аммиака в скрубберах и возвращение его в процесс перед стадией осаждения

с) удаление аммиака в газовой фазе с помощью очистки отходов серной кислотой с образованием сульфата аммония.

Достижимый положительный эффект

Эти способы предотвращают большие выбросы аммиака в течение начального процесса нейтрализации, когда быстро изменяется рН за счет перемешивания в емкости и повышения температуры.

Ограничения в применении

Растворы с высоким содержанием аммиака также можно подвергать предварительной обработке (например, отгонка воздухом) для снижения концентрации аммиака перед поступлением на установку для обработки.

Применимость

Такие системы применяются для сточных вод с высоким содержанием аммиака. Имеются другие отходы, содержащие аммиак/аммоний, например, полигонный фильтрат, для которого описанная система очистки не адекватна вследствие перехода других веществ в газовую фазу.

Экономика

Растворы, содержащие аммиак, можно также использовать в качестве агента денитрификации. Это назначение может быть менее дорогим, чем сбор/обработка в качестве опасных отходов.

Воздействие на окружающую среду

Аммиак вносит вклад в кислотные дожди и загрязнение навозом.

### **3.3.1.12 Фильтрация**

Описание

Некоторые способы включают в себя:

а) расширение любой пробы для отбора воздуха на аммиак в вытяжной трубе или зонах фильтр-пресса для охвата ЛОС

б) соединение воздушного пространства выше прессов с основной системой удаления выбросов на установке

с) улучшение работы дренажа ила за счет добавки флокулянтов, например, извести, или синтетических флокулянтов. Такое кондиционирование ила имеет место в контейнерах, оснащенных регулируемым мешалками. Для смешивания ила с флокулянтами интенсивное смешивание можно проводить в течение короткого времени за счет увеличения скорости перемешивания; мешалка обычно движется медленно в течение образования хлопьев, так что это не мешает флокуляции.

Достижимый положительный эффект

Улучшение характеристик процесса фильтрации и снижение неорганизованных выбросов. Фильтровальный кек с высокими концентрациями металлов, например, никеля и меди, можно использовать в качестве сырья в металлургии.

Воздействие на окружающую среду

Необходимость чистки ткани для фильтрования является недостатком; применение чистящих средств высокого давления с водой или промывка ткани в специальном частично кислотном моющем растворе, как было доказано, оказалось приемлемой для этой цели.

Необходимость поддержания давления и удаления кека/осадка означает, что система бывает открыта с определенной регулярностью, что затрудняет предотвращение выбросов.

Ограничения в применении

Для проведения процесса требуется энергия.

### **3.3.1.13 Флотация**

Описание

Система флотации растворенным воздухом (DAF) вызывает образование перенасыщенного раствора сточных вод, а при повышении давления сжатого воздуха поток сточных вод смешивается со сжатым воздухом и подается в сборный бак. Эта перенасыщенная смесь воздуха и сточных вод поступает в крупный флотационный бак, где сбрасывается давление, и, тем самым, образуются небольшие пузырьки воздуха по всему объему смеси. За счет сочетания адсорбции и улавливания флокулированные частицы поднимаются к поверхности реактора и образуют пену, которая затем снимается. Удаляются некоторые растворимые коллоидные вещества из сточных вод при добавке коагулянта и флокулянта для образования осадков с растворенным веществом.

Достижимый положительный эффект

DAF за свою эффективность в удалении ряда твердых частиц широко используется.

Воздействие на окружающую среду

Возможны выбросы в воздух и образование большого количества осадков с химикатами (содержащих  $FeCl_3$ ,  $Al(OH)_3$ , полиэлектролиты и включенные твердые частицы), которые необходимо чистить перед удалением.

Ограничения в применении

Обычно используются такие химикаты как полимеры, полиэлектролиты, соли алюминия (например, сульфаты) или соли железа (например, хлорид железа) для увеличения адгезии пузырьков. Для проведения процесса требуется энергия.

Эксплуатационные особенности

Нет необходимости в емкости для седиментации.

Пример установок

DAF широко используется.

### **3.3.1.14 Ионообменные процессы**

Описание

Некоторые способы включают в себя:

а) использование ионообменных установок только для концентраций солей ниже, чем 1500 мг/л. В противном случае обработка будет не оправдана экономически

б) использование предварительной обработки для снижения концентрации соли, например, осаждение

с) удаление твердых материалов в растворах с помощью песочных фильтров или адсорбции активированным углем перед использованием ионообменных процессов

д) использование очень чувствительных измерений электропроводности для мониторинга и эксплуатации ионообменной установки (катионно-анионной). Дополнительными параметрами измерений могут быть масла, эмульгированные материалы (потери при сжигании), твердые материалы на входе в ионообменную установку и величина рН, ароматические углеводороды, хлорированные углеводороды и органические кислоты.

Достижимый положительный эффект

Улучшение ионообменных процессов.

Ограничения в применении

Ионообменные устройства могут работать в "чистых" растворах, в которых обычно содержатся ионы, за исключением твердых составляющих.

### **3.3.1.15 Ультрафильтрация через полунепроницаемую мембрану**

135

Описание

Требование к устойчивости по отношению к очистке, долгий срок службы, а также низкая стоимость изготовления мембран обуславливают применимость ко всем мембранным процедурам. Выбор подходящей мембраны имеет решающее значение для переработки отходов. Некоторые способы для выбора и использования подходящей мембраны включают в себя:

а) исследование в лаборатории пригодности мембраны для перерабатываемых отходов

б) отделение растворенного вещества и концентрата в результате ультрафильтрации через полунепроницаемую мембрану для последующей обработки. В случае растворенного вещества это может быть детоксификация, нейтрализация, осаждение или испарение. В случае концентрата может потребоваться удаление

с) мониторинг следующих параметров в системах микрофильтрации и (или) ультрафильтрации через полунепроницаемую мембрану:

- величины рН
- производительности
- электропроводности
- давления, температуры
- содержания нефтепродуктов
- эффективности и (или) качества растворенного вещества (например, величина помутнения, углеводороды)

- цианидов, нитритов, хроматов
- содержания твердых веществ.

Достижимый положительный эффект

Некоторые положительные аспекты включают в себя:

- отсутствие необходимости в добавке химикатов (нет преобразований материалов)
- не происходит дополнительное загрязнение сточных вод химикатами (нет засоленности).

Эксплуатационные особенности

Для процесса требуется энергия.

Ограничения в применении

Имеется возможность автоматизировать процесс фильтрации. Кроме того, для этих фильтрационных установок требуется мало места.

Применимость

Мембранные процессы годятся для переработки отходов, если последние подвергаются предварительной обработке, или, если они используются для определенных отходов с доказанной пригодностью для ультрафильтрации через полупроницаемую мембрану. Материалы, приводящие к неблагоприятным изменениям в мембранах, таким как адгезия или вздутие мембраны, следует разделять. С учетом этого соображения ультрафильтрация через полупроницаемую мембрану:

- пригодна, как для высоко заряженных, так и для низко заряженных сточных вод
- полезна при разделении эмульсий, независимо от типа, концентрации или стабильности.

**Т А Б Л И Ц А 3.21 СПОСОБЫ, РАССМАТРИВАЕМЫЕ В МЕМБРАННЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ**

Тип вещества	Воздействие на мембрану	Способ для преодоления проблем в мембране
Твердые вещества с размером зерен >0,5 мм	Засорение, износ мембраны	Годится со стадией предварительной очистки
Растворители	Вздутие мембраны, структурные изменения, снижение проницаемости	Предотвращение введения
Щелочные растворы и кислоты с предельными значениями pH	Возможно разрушение материала мембраны	Корректирование величины pH
Органические материалы (с ацетатцеллюлозной мембраной)	Повреждение мембраны из-за гниения	С помощью бактерицидов
Силикон (от 0,1%)	Засорение мембраны <sup>1</sup>	Предотвращение введения в мембрану
Свободное масло (от 0,1%)	Засорение мембраны <sup>1</sup>	Предотвращение введения в мембрану

<sup>1</sup> Использование RO (обратного осмоса) и, возможно, NF (нанофильтрации) с уровнями 1% масла не будет эффективным в течение длительного времени работы без очень обширной предварительной обработки.

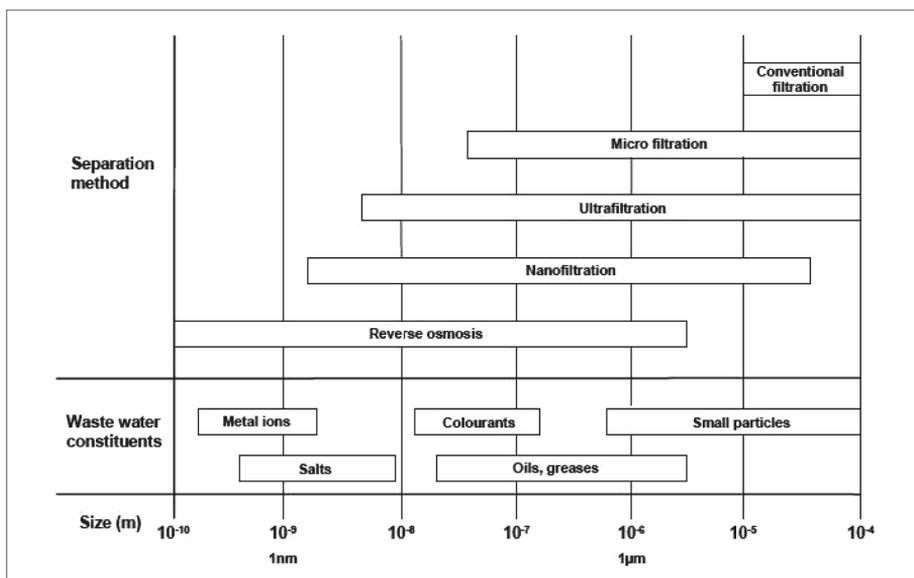


Рисунок 3.4 - Классификация мембранных технологий с помощью задачи разделения

Пояснения к рисунку:

Separationmethod – метод разделения

Wastewaterconstituents – составляющие сточных вод

Size (m) – размер (м)

Metalions – ионы металлов

Salts – соли

Reverseosmosis – обратный осмос

Colourants – пигменты

Oils, greases – масла, жиры

Conventional filtration – обычная фильтрация

Micro filtration – микрофильтрация

Ultrafiltration – ультрафильтрация

Nanofiltration – нанофильтрация

Small particles - небольшие частицы

Экономика

Вследствие автоматизации процесса затраты на рабочую силу обычно низкие.

### 3.3.1.16 Осаждение

Описание

Осаждение проводится в осветлителях, которые конструктивно разделены на вход, выход, зону осаждения и взвешенного слоя осадка (или зоной шлама). Добавка флокулянтов к осадку и очищаемым сточным водам рекомендуется для ускорения процесса осаждения и для облегчения дальнейшего отделения твердых частиц.

### Достижимый положительный эффект

Повышается эффективность осаждения. Осаждение твердых частиц обычно упрощает процедуры переработки отходов. Поэтому в нормальной части процесса осаждение является преимуществом при переработке отходов на установках для физико-химической обработки. Однако непреднамеренные процессы осаждения, например, в реакционном контейнере являются недостатком, так как может оказываться воздействие на процессы, и часто накопленный осадок можно удалить только путем очень затратных усилий.

### Взаимодействие элементов среды

Обычно образуются остатки. Добавка флокулянтов предполагает, что они либо появляются в очищаемых сточных водах, либо находятся в отделенных твердых частицах.

### Ограничения в применении

Эффективность процесса осаждения находится под воздействием характеристик сточных вод, взвешенных твердых частиц, изменений в расходе и в обычном регламенте работе. На практике доказана эффективность следующих агентов для осаждения:

- известковое молоко  $\text{Ca}(\text{OH})_2$
- хлорид железа  $\text{FeCl}_3$
- полиэлектролиты.

### Применимость

Твердые частицы могут быть дискретными взвешенными частицами, которые самоосаждаются, или может быть диапазон размеров и характеристик поверхности, для которых затем требуется образование хлопьеобразных суспензий для коагулирования и осаждения массы, т.е. с помощью химического осаждения. В некоторых случаях необязательно использовать флокулянты вследствие того, что твердые частицы самоосаждаются или поскольку они неэффективны.

### Экономика

Применение этого способа позволяет достичь экономии на затратах для сброса и транспортирования, так как необходимо управлять только осаждением, а не общей водной суспензией.

### Примеры установок

Целлюлозно-бумажные фабрики (осаждение волокон целлюлозы, которые слишком коротки) и другие установки с высоким содержанием твердых взвешенных частиц в сточных водах.

## **3.3.1.17 Просеивание**

### Описание

См. Раздел 2.3.2. Некоторые способы для операций просеивания включают в себя:

- а) предотвращение перегрузки оборудования для просеивания (либо с помощью аппаратуры для оптического контроля, либо автоматически с помощью

блокировки фильтрационного насоса индикатором уровня в контейнерах для хранения

б) правильную очистку отверстий фильтра как это регламентируется (для оптической, электрической). Некоторые надлежащие меры очистки включают в себя применение быстрой очистки и водоструйной очистки водой высокого давления или паром

с) обеспечение постоянного не нарушаемого сброса потока под и над фильтром в любое время (с помощью использования оптического контроля, механизмов отключения фильтрационного насоса или других средств контроля).

Достижимый положительный эффект

Просеивание отходов выполняется как начальная процедура обработки. Отделение частиц, которые могут повредить оборудование, процессов или продуктов необходимо для всех последующих мер переработки отходов.

Эксплуатационные особенности

Преимуществом просеивания является его простота, надежность конструкции, низкие потребности в обслуживании и тот факт, что система проста для пользователя и обладает высокой надежностью. Недостатки обычно бывают связаны с самими отходами, например, засорение отверстий фильтра может происходить в результате определенной вязкости сточных вод, которая затем мешает разделению.

### **3.3.1.18 Экстрагирование растворителем**

Описание

Некоторые способы включают в себя:

- а) использование надежно работающих и регулируемых процессов
- б) возвращение экстракционного раствора для повторного использования в замкнутом контуре
- с) использование антивспенивающих агентов, когда происходят сбои при фильтрации вследствие присутствия поверхностно-активных веществ в результате процессов смешения
- д) предотвращение использования растворителей с сопоставимыми химическими характеристиками для экстрагируемых компонентов, чтобы избежать эффектов неэффективного разделения, например, азеотропных (постоянно кипящих) смесей
- е) улучшение характеристик разделения в течение экстракции за счет повышения температуры
- ф) разделение веществ, которые могут оказывать негативное воздействие в процедурах предварительной обработки.

Достижимый положительный эффект

Улучшение экологических показателей экстрагирования растворителем. Некоторые причины для использования экстрагирования включают в себя: низкое потребление энергии для разделения веществ - от сточных вод с низкими концентрациями до диапазона частиц на млн.; возможность экстрагирования не-

растворимых веществ, а также высокий уровень селективности, которого можно достичь при использовании химически активных компонентов и пригодных экстрагирующих агентов в течение процесса экстракции.

Воздействие на окружающую среду

Выбросы ЛОС в воздух.

Экономика

Имеется экономия сырья и транспортных затрат, в случае выполнения дистилляции на участке.

Примеры установок

Многие системы возвращают экстракционный раствор для повторного использования в замкнутом контуре.

### ***3.3.1.19 Технологии очистки сточных вод, содержащих драгоценные металлы***

Описание

Фотографические отходы, содержащие некоторые токсичные и трудно разрушаемые соединения. С помощью физико-химической и биологической обработки, включая испарения, диффузия этих соединений в окружающую среду минимизируется. Некоторые способы включают в себя:

а) утилизация металлов из сточных вод от черно-белой фотографии, если концентрация серебра выше, чем 50 мг/л, а очистка идет с последующим испарением и сжиганием концентрата в колосниковой или цементной печи

б) утилизация металлов из сточных вод от цветной фотографии, если концентрация серебра больше, чем 100 мг/л, а очистка идет с последующим испарением и сжиганием концентрата в колосниковой или цементной печи.

Достижимый положительный эффект

По сравнению с детоксикацией, нейтрализацией и обезвоживанием для удаления металлов с помощью химикатов происходит сокращение потребления химикатов и образования осадка.

Воздействие на окружающую среду

Удаление металлов с помощью химикатов по сравнению с детоксикацией, нейтрализацией и обезвоживанием требует повышенного потребления энергии, например:

- электроэнергии для электролиза
- тепловой энергии для испарения.

Эксплуатационные особенности

При осаждении сульфидов и ультрафильтрации образуется сульфидный осадок приблизительно с концентрацией 5-10 кг/м<sup>3</sup> сточных вод от фотопеработки. Из осадка утилизируется серебро и др. металлы в пирометаллургических процессах, при которых в качестве остатка образуется шлак. Физико-химическая и биологическая обработка сточных вод с серебром приводит к образованию осадка приблизительно в количестве 0,1-0,2 т/т сточных вод.

Серебро утилизируется для повторного использования, и концентрация се-

ребра и др. металлов в сточных водах снижается. Утилизация серебра составляет приблизительно 95%. Содержание серебра в растворенном веществе при ультрафильтрации через полупроницаемую мембрану составляет <1 мг/л в случае сточных вод от черно-белой фотографии и <10 мг/л в случае сточных вод цветной фотографии.

#### Применимость

Способы утилизации металлов применимы не только для сточных вод фотографии, но также и для других сточных вод, содержащих (драгоценные) металлы, например, от гальванического производства. Электролиз дает более высокий выход и меньшие затраты энергии, так как металлы более ценные, а концентрации выше. Производительность одной установки для утилизации металлов составляет от 10 до 20 тыс. т/год.

Способы физико-химической и биологической обработки для сточных вод с извлеченным серебром применимы для сходных сточных вод. В табл. 3.81 показаны критерии приемки для сточных вод фотографий с извлеченным серебром и сходных сточных вод (с таким же производственным режимом). Производительность одной установки для физико-химической и биологической обработки составляет от 100 до 200 тыс. т/год.

#### Ограничения в применении

Стандарты на стоки, основанные на Законе о загрязнении поверхностных вод.

#### Примеры установок

Две установки в Нидерландах.

### **3.3.1.20 Технология очистки морских сточных вод**

#### Описание

Очистку морских сточных вод можно разделить между сточными водами, содержащими нефтепродукты, и сточными водами, содержащими химикаты. Некоторые способы таковы:

- а) применение специальных процессов обработки в случае сточных вод, содержащих металлы (см. Раздел 4.3.1.19 выше)
- б) применение физико-химической обработки и биологической обработки в случае сточных вод, содержащих нефтепродукты
- с) очистка отходящих газов для снижения ЛОС и пахучих выбросов
- д) определение стандартов приемки и переработки (максимальные концентрации в стоках) для каждого процесса обработки
- е) разделение нефтепродуктов/химикатов, воды и осадка
- ф) подготовка фракции нефтепродуктов или химикатов для использования в качестве топлива
- г) применение стандартов (максимальных концентраций) для смешивания отходов, используемых в качестве топлива
- h) не смешивание разбавленных сточных вод для соответствия стандартам для стоков
- и) обезвоживание осадка и при необходимости применение термической пе-

переработки для повторного использования материалов

j) очистка сточных вод.

Достижимый положительный эффект

По сравнению со сбросом неочищенных сточных вод или только биологической очистки описанные способы позволяют снизить сбросы загрязняющих веществ в поверхностные воды.

Воздействие на окружающую среду

• образование осадка, который должен удаляться или подвергаться дополнительной переработке

- потребление химикатов
- потребление энергии
- выбросы в атмосферу, например, ЛОС или пахучих веществ

Эксплуатационные особенности

Эффективность удаления при обработках с помощью флокуляции/флотации и аэробном биологическом разложении на установках для очистки сточных вод представлена в табл. 3.22.

Таблица 3.22 ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФЛОКУЛЯЦИИ/ФЛОТАЦИИ

Компонент	Эффективность удаления флокуляции/флотации (%)	Эффективность удаления аэробного биологического разложения (%)	Очистка сточных вод Общая эффективность (%) <sup>2</sup>
Взвешенные твердые частицы	>99	-	>99
Нефтепродукты	>99 <sup>1</sup>	99	>99
ХПК	20	85	88
Фенолы	-	99	99
Общий азот (по Кьейдалю)	-	50	50
P	-	50	50
ВТЕХ	75	99	99,7
РАН	96	95	99
CN	-	75	75
ЕОХ + ВОХ	30	97	98
ЕОХ (экстрагируемые органические галогениды)	85	85	98
Тяжелые металлы	80	-	80
Cd	80	-	80
Hg	>90	-	>80

<sup>1</sup> удаление слоя нефтепродуктов

<sup>2</sup> общая эффективность для флокуляции/флотации и биологического разложения.

Выбросы ЛОС в воздух происходят через баки в течение хранения и перемещения от установок для переработки и от утечек через уплотнения. Выбросы можно снизить с помощью герметизации установок, проведения обследования и обслуживания для предотвращения утечек.

Очистка отходящих газов с помощью фильтрации, скруббера или сжигания

может снизить эти выбросы. Можно применить биофильтр или фильтр из активированного угля для предотвращения выбросов ЛОС и запаха. Альтернативой для снижения этих выбросов является аэрация кислородом вместо воздуха. При этом снижается расход поступающего воздуха и отходящих газов. Недостатками являются повышенное потребление кислорода и повышенное потребление энергии для откачивания и компенсации уменьшения смешивания, так как меньше воздуха вдувается.

Если применяется очистка отходящих газов, выбросы изменяются приблизительно от 0,01 кг/м<sup>3</sup> сточных вод в случае сжигания, с эффективностью 99,9% и до 0,05 кг/м<sup>3</sup> сточных вод в случае мокрого скруббера.

Применимость

Производительность установок колеблется от 200 до 500 тыс. т/год.

Ограничения в применении

Стандарты на стоки, основанные на Законе о загрязнении поверхностных вод.

Примеры установок

Две установки в Нидерландах.

### 3.3.1.21 Способы снижения выбросов, применяемые на установках для физико-химической переработки

В табл. 3.23 приведены способы снижения выбросов в воздух, применяемых на установках для физико-химической переработки

143

Таблица 3.23 ОЧИСТКА ОТХОДЯЩИХ ГАЗОВ НА КРУПНЫХ УСТАНОВКАХ ДЛЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ В АВСТРИИ

Установка	Система очистки отходящих газов (при обработке)	Системы очистки отходящих газов в зонах хранения
Отвердевание	Рукавный фильтр	Рукавный фильтр
Многофункциональная установка для физико-химической обработки	Скруббер для кислот Скруббер для NH <sub>3</sub> при необходимости	п.а.
Многофункциональная установка для физико-химической обработки	Скруббер для кислот Окислительный скруббер	Угольный фильтр для некоторых емкостей с маслянистыми отходами
Многофункциональная установка для физико-химической обработки	Отходящие газы используются при сжигании опасных отходов	п.а.
Многофункциональная установка для физико-химической обработки	4-х-5-ти кратная система очистки Водяной скруббер (удаление аэрозолей, содержащих масла и пыль) Скруббер для кислот Скруббер для NH <sub>3</sub> Биофильтр, закрытая система Угольный фильтр при необходимости	Вентиляция для всей установки, очистка отходящих газов
Многофункциональная установка для физико-химической обработки	Скруббер для NH <sub>3</sub> Биофильтр	Биофильтр

Установка	Система очистки отходящих газов при обработке	Системы очистки отходящих газов в зонах хранения
Многофункциональная установка для физико-химической обработки	Скруббер для кислот Скруббер для NH <sub>3</sub>	Вентиляция
Многофункциональная установка для физико-химической обработки	Скруббер, работающий при окислении цианидов или нитритов	Вентиляция
Многофункциональная установка для физико-химической обработки	Скруббер для кислот Окислительный скруббер Биофильтр для органической части	Биофильтр вместе с биологической очисткой отходящих газов от ТБО
Многофункциональная установка для физико-химической обработки	Скруббер для кислот Скруббер для NH <sub>3</sub> Биофильтр (закрытая система) Дымоход для отходящих газов	Биофильтр
Промывка почвы/абразивная установка	Одностадийный скруббер	n.a.

Далее на рис. 3.3 и в табл. 3.24 показаны системы подавления воздушных выбросов на австрийской установке и параметры сточных вод, достигаемые после биологической очистки сточных вод.

144

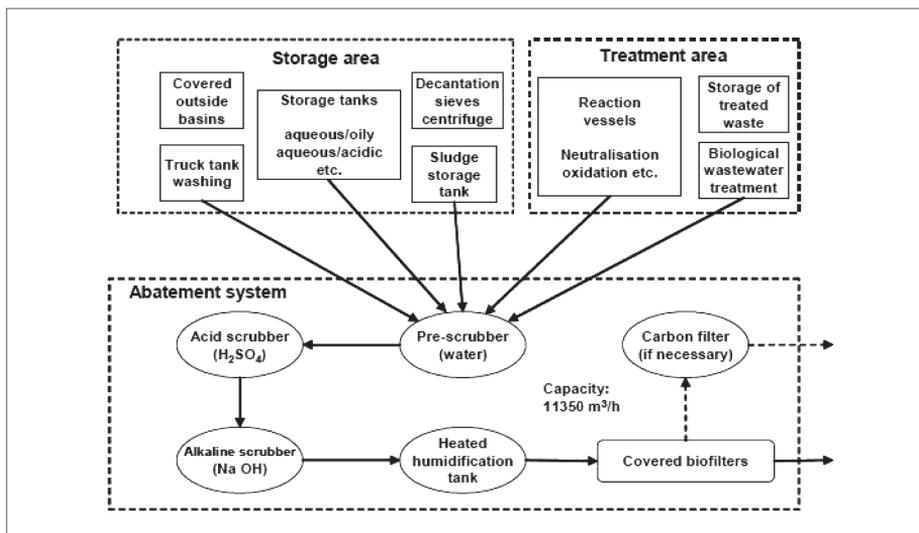


Рисунок 3.5 – Система подавления выбросов на установке для физико-химической переработки

Пояснения к рисунку:

Coveredoutsidebasins – закрытые внешние резервуары

Trucktankwashing – промывка автоцистерн

Storagearea – зона хранения

Storagetanksaqueous/oilyaqueous/acidsetc. – баки для хранения водных фракций/масла водные фракции/кислоты и т.д.

Decantationsievescentrifuge – сепарационная центрифуга  
 Sludgestoragetank – емкость для хранения осадков  
 Treatmentarea – зона переработки  
 Reactionvessels – химические реакторы  
 Neutralisationoxidationetc. – нейтрализация, окисление и т.д.  
 Storageoftreatedwaste – хранение переработанных отходов  
 Biologicalwastewatertreatment – биологическая очистка сточных вод  
 Abatementsystem – система обезвреживания выбросов  
 Acidscrubber – кислотный скруббер  
 Alkalinescrubber – щелочной скруббер  
 Pre-scrubber (water) – предварительная очистка (водой)  
 Heatedhumidificationtank – обогреваемая емкость для увлажнения  
 Capacity 11350 m<sup>3</sup>/h – производительность 11350 м<sup>3</sup>/ч  
 Carbonfilter (ifnecessary) – угольный фильтр (при необходимости)  
 Coveredbiofilteres – закрытые биофильтры

**Таблица 3.24 КОНЦЕНТРАЦИЯ В СТОКАХ АВСТРИЙСКОЙ УСТАНОВКИ ДО И ПОСЛЕ ТРЕТИЧНОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД (ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНО-ЦИКЛИЧЕСКАЯ БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА)**

Параметр	Подача (первично очищенные сточные воды) (мг/л)		Сточные воды после биологической очистки (последовательно-циклический реактор (мг/л))	
	Минимум	Максимум	Минимум	Максимум
ХПК	2500	12000	600	1500
NH <sub>4</sub> -N <sup>a)</sup>	25	16000	<1	150
Нитриты	10	300	<1	<1
Нитраты	10	1000	<1	<1
Фенолы	10	500	<2	<2
Содержание нефти	-	-	<0,5	-

a) Сточные воды после биологической очистки. Часто около 20 мг/л

### 3.3.2 Способы физико-химической переработки твердых отходов и осадков

#### 3.3.2.1 Предварительная обработка перед иммобилизацией

Описание

Предварительная обработка перед иммобилизацией в основном состоит из промывки/выщелачивания солей водой и физико-химической предварительной обработки металлов (в особенности перевод в нерастворимую форму амфотерных металлов). В этом разделе не охвачена последующая переработка отходов.

Достижимый положительный эффект

При этой переработке получается фильтровый кек с пониженной токсичностью и соленой водой. Это способствует снижению выщелачиваемости переработанных отходов и загрязнению вследствие выщелачивания растворимых соединений.

Ограничения в применении

Процесс является более сложным, чем простое отвердевание.

Применимость

Вода, загрязненная хроматами, амфотерными металлами, такими как свинец и цинк, и отходы с некоторым количеством растворимых солей нуждаются в предварительной обработке перед тем, как они подвергаются процессу имобилизации. Эта предварительная обработка дает возможность перерабатывать летучую золу и соли, появляющиеся при удалении хлора из дымовых газов от сжигания бытовых отходов. Это можно также применять для летучей золы, появляющейся как от очистки дымовых газов, так и для очистки бикарбоната натрия. В последнем случае (бикарбонат натрия) распадается на растворимые и нерастворимые твердые компоненты, и снижается количество отходов для размещения на полигонах за счет рециклинга растворимых солей для производства карбоната натрия.

Экономика

Инвестиционные затраты выше, чем для одного процесса отвердевания.

Примеры установок

Это применяется на крупномасштабной установке во Франции, где перерабатывается 1000 тонн в год летучей золы, образующейся во Франции.

### **3.3.2.2 Лабораторная деятельность**

Некоторые способы, относящиеся к лабораторной деятельности, включает в себя:

- a) наличие лаборатории на участке
- b) применение контроля качества (с проведением испытаний на выщелачиваемость и прочность при сжатии, т.е. для процессов отвердевания), включая проверку каждого вида предлагаемых отходов для обеспечения того, чтобы исключались любые отходы, содержащие ингибиторы процесса. В случае, когда ингибиторы имеются, см. способ c) ниже. Для каждого потока отходов должны проводиться испытания в лабораторном масштабе для получения максимальной эффективности смеси и количества добавляемых абсорбентов/связующих, и для идентификации оптимальной "формулы", используемой позднее на переработке в полном масштабе данного потока отходов. Любое такое испытание должно проводиться с учетом воздействий перерабатываемых потоков отходов в той же самой партии, и в дополнение к этому для идентификации минимального времени пребывания в химическом реакторе. Должна вестись регистрация потоков отходов, которые уже были испытаны, для доказательства возможности принимать их как подходящие для переработки с помощью процесса (см. Раздел 3.1.1) или браковать
- c) рассмотрение любого ингибитора, идентифицированного в рецептуре связующего с вторичными связующими/добавками. Ключевой проблемой является подтверждение того, следует ли для каждого потока отходов проводить исследование на предмет возможности их переработки
- d) определение продолжительности времени, в течение которого необходи-

мо иметь в наличии пробу для анализа. Здесь необходимо включить сравнение с продолжительностью времени, которое требуется для достижения полной стабильности (см. раздел взаимодействие между средами) конечного продукта

е) демонстрация факта несоответствия партии отходов, с которые требуют переработки

ф) проверка выщелачиваемости неорганических соединений, с использованием стандартной процедуры CEN на выщелачиваемость и применением соответствующего уровня испытаний: определение базовых характеристик, подтверждение соответствия на участке проверки

г) проведение процедур приемки, когда отходы поступают на установку, включая проверки на выщелачиваемость каждой партии перед обработкой, для подтверждения уровней ключевого индикатора веществ, идентифицированных на стадии предварительной приемки

h) анализ следующей группы соединений, которые могут вызывать проблемы на полигоне: Cl, CN, F, сульфаты, углеводороды, PAH, PCB, фенолы, As, Cd, Cr общий, Cr (VI), Hg, Ni, Pb, Zn.

Достижимый положительный эффект

Наличие лаборатории на участке составляет важный элемент в обеспечении гарантии того, что проводится необходимый контроль процесса на входе и что образуются продукты из отходов, соответствующие целям переработки.

Воздействие на окружающую среду

Для цементных систем или систем на основе извести могут потребоваться годы для стабилизации и десятилетия/века или даже больше для достижения равновесия с местной окружающей средой. Вследствие этого разговоры о полной стабильности могут быть технически нереальными.

Применимость

В отношении способа f) в описании выше физико-химическая обработка применяется для монолитного и гранулированного материала (например, переработка нелетучего остатка).

В отношении способа g) иногда возникает вопрос, является ли экологически и экономически оправданной проверка на выщелачивание для каждой партии перед переработкой в случае потоков отходов с хорошо определенными характеристиками.

Ограничения в применении

Полигонная директива 1999/31/CE и Решение Совета 2003/33/EC (CEN) относятся к параметрам, которые должны рассматриваться при определении того, можно ли отходы депонировать:

- Полигонная директива (1999/31/CE) определяет принципы определения характеристик отходов перед депонированием, которые представляют собой: а) применение процедуры определения характеристик из 3 стадий (основные характеристики, проверка на соответствие, подтверждение на участке; б) Приложение II к Полигонной директиве устанавливает, что параметры состава, выщелачиваемости, долговременного поведения и общих свойств отходов, подлежа-

щих депонированию, должны быть известны как можно более точно

- Процедуры СЕН определяют, при каких условиях и какой тип испытаний необходим

- Решение 2003/33/ЕС устанавливает критерии и процедуры для приемки отходов на полигонах. Это также включает в себя критерии приемки отходов, отбора проб и методов испытаний.

В отношении применения способа h), во Франции перед стабилизацией не проводится систематический анализ на РАН и РСВ. Анализ проводится только, когда РАН и РСВ обнаружены в больших количествах (о чем можно заключить исходя из происхождения отходов).

### 3.3.2.3 Имобилизация

Описание

Некоторые способы включают в себя:

а) определение приемлемого диапазона характеристик отходов, при которых отходы можно эффективно перерабатывать с помощью иммобилизации. Этот диапазон должен быть определен посредством способности процесса подвергать иммобилизации данное химическое вещество/ион для обеспечения того, чтобы конечный продукт отвечал определенным техническим условиям

б) использование должным образом спроектированных химических реакторов для всех процессов иммобилизации

в) осуществление этих процессов в контролируемых химических реакторах. При данной степени контроля процесса, которая необходима для обеспечения правильных отношений отходов и реагента/связующего, поступающих в процесс, а также для достижения необходимого смешения (и времени пребывания), важно, чтобы в таком реакторе эти цели достигались. Требуется также автоматизированная загрузка, устройства для загрузки и смешивания, которые можно контролировать и регулировать

д) использование подходящего мониторинга процесса в закрытых системах

е) применение процедуры предварительной приемки для оценки отходов

ф) выполнение мер для ограничения применения пыльных реагентов

г) ограничение отходов теми, у которых низкие концентрации ЛОС или компонентов, вызывающих запахи (см. ниже Применимость и Взаимодействие между средами)

h) использование контролируемых и защищенных методов загрузки

и) смешивание реагентов и отходов с использованием мешалок или систем смешивания, являющихся составной частью емкостей для смешивания

j) использование шнековых питателей, средств, работающих на принципе силы тяготения, или пневматических систем для управления системами перемещения сухих отходов и реагентов

к) использование отдельных “композитных” баков для предварительного смешивания жидкостей и перекачиваемых осадков вместо слива жидких отходов из бочек и контейнеров

- l) поставка по трубопроводу исходного сырья в емкость для смешивания
- m) использование систем экстракции, сконструированных с учетом удаления больших объемов имеющегося воздуха вследствие размеров зон для смешения и необходимости иметь доступ автомобильного транспорта для загрузки и разгрузки. Необходимо также продемонстрировать, что конструкция системы экстракции способна контролировать все предвидимые выбросы, иные, чем в чрезвычайных ситуациях
- n) наличие централизованной системы борьбы с выбросами для управления потоком воздуха, а также пиковой нагрузкой, связанной с загрузкой и разгрузкой
- o) подробные сведения о методах переработки и размещения всех отработанных скрубберных растворов и абсорбентов (например, активированный уголь и уловленные выбросы)
- p) наличие регулярной программы обследования и обслуживания, включая:
- замену подземных и частично расположенных под землей емкостей без защитной обваловки
  - замену конструкций без защитной обваловки
- q) проведение физико-химической обработки, такой как нейтрализация, реакции в жидкой фазе для того, чтобы улучшить смешение и контроль процесса
- г) гарантирование того, что реакции нейтрализации в твердой фазе будут проводиться для завершения реакции
- s) использование гидравлических связующих, дополненных специальными химическими реагентами, особенно:
- для связывания ртути как  $HgS$  и  $Hg_3(SO_4)_2$
  - для связывания металлов как осадка металлических гидроксидов (например,  $Zn$ ,  $Pb$ ,  $Cu$ ,  $Cr$ ,  $Cd$ ) как растворимых соединений и с помощью отвердевания
  - для восстановления шестивалентного хрома в имеющихся условиях (например, с помощью  $FeSO_4$ ) с последующим осаждением и отвердеванием
  - для связывания органических соединений, в которых содержатся сульфаты и органические соли химической промышленности, с последующим осаждением сульфатов для обеспечения структурной прочности, например, путем добавки глины для адсорбции органических соединений
  - для высокого содержания мышьяка (например, от химикатов или металлургической промышленности, или от переработки руды) с помощью окисления  $As(III)$  с последующей стабилизацией и отвердеванием
- t) рассмотрение возможности повышения качества конечного продукта с помощью использования добавок (например, гидрофобных реагентов и т.д.)
- u) полагаться не только на процессы стабилизации для размещения труднообрабатываемых отходов, которые трудно перерабатывать и дорого сжигать. Сюда включаются твердые цианиды, окислительные агенты, хелатные агенты, отходы с высоким ТОС, отходы, содержащие растворители с низкой точкой кипения, и газовые баллоны
- v) ограничение количества реагентов, включая химические и физические связующие и реагенты для отвердевания), которые можно добавлять для пре-

дотвращения разбавления

в) наличие специалиста в иммобилизации, который мог бы по требованию использовать связующие, разработанные на основе лабораторных испытаний, для определенного потока отходов.

Достигаемый положительный эффект

Улучшение экологических показателей способов иммобилизации (например, снижение проницаемости, удельной поверхности, буферной способности химикатов). Стабилизация является процессом при нормальных температурах, и, следовательно, не нуждается в энергии. Отходы после таких способов переработки обычно имеют очень хорошие физико-химические характеристики (включая выщелачивание). Поскольку это холодный процесс, дым или загрязнения воздуха небольшие (например, образующиеся при использовании топлива). Можно достигнуть водопроницаемости 3,7 10-11 м/с в конечном продукте, когда для иммобилизации используется цемент.

Воздействие на окружающую среду

Отношение переработанных отходов/поступающим отходам находится в диапазоне от 1,2 до 2,4 по весу и обычно от 0,9 до 1,4 по объему (вследствие обычного роста плотности переработанных отходов по сравнению с поступающими отходами). Таким образом, процесс приводит к повышению веса и небольшому изменению объема.

150

Для того, чтобы предотвратить выбросы ЛОС (см. способ g) в описании выше), отходы, содержащие ЛОС, можно переработать в закрытой емкости для смешивания (например, мешалка асфальтобетоносмесителя), переработать так, чтобы ЛОС не отвердевали, например, с помощью скрубберов. Такая вторичная обработка может позволить избежать двойного управления (например, термической десорбции при контроле ЛОС с последующей стабилизацией/отвердеванием при контроле металлов).

Иммобилизация не дает возможности снизить содержание любых загрязняющих веществ в отходах. При ней только изменяется химический состав за счет некоторых химических реакций. Органические отходы обычно не подвергаются иммобилизации путем стабилизации/отвердевания, они как правило адсорбируются твердым веществом. Каким бы образом в конечном итоге не завершился процесс стабилизации/отвердевания, считается, что переработанные отходы не будут стабильными в течение длительного периода времени, и соединения переработанных отходов могут удаляться (например, путем выщелачивания).

Вероятный рост рН и щелочной способности смеси вследствие этой переработки может привести к росту выщелачивающих свойств для амфотерных металлов (для рН выше 12,5 свинец, кадмий), видов, чувствительных к рН типа мышьяка и цианидов, а также некоторых органических компонентов.

Эксплуатационные особенности

Этот способ легок в использовании, и процесс является относительно простым. Потребление энергии при переработке низкое. Когда цемент используется в качестве стабилизирующего материала, отношение перерабатываемых от-

ходов к используемому цементу находится в диапазоне от 1,3 до 1,4, в зависимости от типа отходов.

#### Применимость

Эти способы с наибольшей вероятностью эффективны при переработке неорганических отходов, когда растворимость уже достаточно низкая. С помощью этого способа можно перерабатывать большой диапазон отходов (жидкости, твердые вещества, многие химические загрязняющие вещества, золы и т.д.). Отходы, содержащие хроматы, амфотерные металлы, такие как свинец и цинк, и отходы, содержащие некоторое количество растворимых солей, нуждаются в предварительной обработке перед процессом иммобилизации. Некоторые отходы, не пригодные для иммобилизации, включают в себя:

- воспламеняющиеся и легковоспламеняющиеся отходы (например, растворители с низкой точкой воспламенения)
- отходы, содержащие летучие вещества. Иногда могут быть приемлемыми очень низкие концентрации ЛОС
- окислительные агенты. Иногда могут быть приемлемыми очень низкие концентрации окислительных агентов
- отходы с запахами. Иногда могут быть приемлемыми отходы с очень слабым запахом
- отходы, содержащие высоко растворимые органические компоненты, и отходы с высоким содержанием ХПК
- отходы, содержащие молибден
- отходы, содержащие растворимые неорганические соли
- твердые цианиды. Иногда могут быть приемлемыми очень низкие концентрации цианидов
- комплексообразующие агенты. Иногда могут быть приемлемыми очень низкие концентрации комплексообразующих агентов.

Некоторые отходы, упомянутые выше, можно перерабатывать с помощью некоторых специальных реагентов. Например, цемент (как показано в табл. 4.26) и реагенты на основе извести совместимы с окисляющими агентами.

#### Экономика

Холодные процессы считаются экономически привлекательными способами. Для них обычно требуется простое оборудование и низкие инвестиции (бетонные смеси, бункеры, насосы и т.д.) и эксплуатационные затраты.

Когда возможно, реагенты/связующие используются для снижения затрат на переработку (летучая зола с электростанций, шлак металлургического производства, остатки цементных печей). Операторы не всегда способны (вследствие регламентов, наличия, интереса к отдельным отходам) использовать отходы в качестве реагентов, хотя это, конечно, экономически целесообразно.

#### Ограничения в применении

Полигонная директива 1999/31/ЕС. Простое физическое разбавление или абсорбция, которые не приводят к любым соответствующим физико-химическим изменениям, не является приемлемым процессом переработки.

Например, абсорбция жидкости с древесными опилками, так что это уже больше не жидкие отходы, не является приемлемой как предварительная обработка перед депонированием на полигоне.

Примеры установок

На 13 установках подвергалось стабилизации около 400 тыс. тонн опасных отходов перед депонированием, в соответствии с французским законодательством в 2004-2005 гг. В наличии имеются также мобильные установки для переработки некоторых отходов на промышленных участках.

### **3.3.2.4 Цементирование**

Описание

Обычно отходы смешиваются с портландцементом и добавками для контроля свойств цемента и достаточным количеством воды для обеспечения того, чтобы прошли реакции гидратации для связывания цемента. Имеют место, как процессы стабилизации, так и отвердевания. Тем самым, отходы входят в цементную матрицу. Обычно поступающие отходы будут реагировать с водой и цементом с образованием в некоторой степени гидроксидов металлов или карбонатов, которые обычно менее растворимы, чем исходные соединения металлов в матрице отходов.

Способы отвердевания на цементной основе связаны с использованием оборудования, которое обычно легкодоступно. Смешивание и управление, связанные с процессами, хорошо развиты, а способы являются надежными в отношении к изменениям в характеристиках поступающих отходов.

Отвердевшие продукты либо депонируются на уровне поверхности, либо в подземных хранилищах. В некоторых странах они могут использоваться в качестве заполнителя в старых соляных шахтах.

Достижимый положительный эффект

Основным преимуществом цементирования является уменьшение контакта между водой и поступающими отходами и в определенной степени образование менее растворимых гидроокислов или карбонатов металлов. Могут также перерабатываться амфотерные металлы. С отвердевшим продуктом относительно легко обращаться, а риск образования пыли очень низкий. Выделение тяжелых металлов из продуктов в кратковременной перспективе обычно относительно низкое. Способ в некоторых случаях облегчает использование переработанных отходов в качестве заполнителя в строительных материалах в горнодобывающей промышленности.

Недавние разработки с использованием этой технологии проводились с введением добавок для связывания проблемных загрязняющих веществ перед герметизацией. Проблемными загрязняющими веществами считаются мышьяк, свинец, фенолы (включая РСР - пентахлорфенол), РСВ и диоксины. Имеются данные, что цемент может катализировать или осаждаться в процессе восстановительного дехлорирования трихлорэтилена.

Воздействие на окружающую среду

Большинство исследований сосредоточено на возможных кратковременных выделениях загрязняющих веществ из перерабатываемых отходов. Долговременное поведение переработанных отходов исследовано намного меньше. Следует ожидать, что выщелачивание извести с течением времени должно изменить химические свойства переработанных отходов, а повышенное выщелачивание может происходить со снижением рН. Требуется время для завершения выделения загрязняющих веществ из стабилизированных переработанных отходов, и можно, однако, ожидать, что это время займет от нескольких сотен до тысячи лет. Высокий уровень рН систем на основе цемента может привести к значительному выщелачиванию амфотерных металлов (свинца и цинка).

Недостатками этого метода являются то, что выщелачивание растворимых солей не затрудняется и то, что это может в конечном итоге привести к физическому распаду отвердевшего продукта, и, таким образом, станет возможным дальнейшее выщелачивание. В этом случае поступление воздуха может привести к некоторой карбонизации, частично сглаживающей рост пористости и потерю прочности.

Добавка цемента и аддитивов повышает количество отходов, с которыми приходится иметь дело; обычно 30-50% по отношению к поступающим отходам по сухому весу добавляется в виде цемента и аддитивов, и от 30 до 100% от общего сухого веса добавляется вода. Таким образом, вес переработанных отходов возрастает от 20-30 кг/т поступающих отходов до примерно 40-60 кг/т отходов, включая добавку воды, соответствующую 50% от общего сухого веса.

Если тяжелые металлы не утилизируются из остатков, что потенциально возможно, но дорого и связано с потреблением энергии, загрязняющие вещества рано или поздно будут выделяться. Следует подчеркнуть, что эти временные перспективы означают, что преобладающая часть этих металлов будет выделяться в то время, когда вся деятельность по сбору фильтрата с полигонов, вероятно, закончится. В дополнение к этому, место размещения полигона может быть забыто, так как данная территория с большой вероятностью будет затем использоваться для других целей.

В цементе могут содержаться некоторые токсические компоненты, такие как порошкообразная летучая зола, пыль цементных печей, шлак доменных печей и битум.

#### Эксплуатационные особенности

Изменение потребления энергии и воды количественно не определено. Работа и контроль оборудования, используемого при этом способе, считаются относительно простыми и сопоставимыми со стандартной практикой в цементной промышленности.

#### Применимость

Отвердевание обычно выполняется на специально предназначенных для этого установках, расположенных вблизи конечного предназначения конечного продукта; таким образом, нет необходимости устанавливать индивидуальные инсинераторы для оборудования по отвердеванию. Способ можно использовать

для всех типов отходов, образующихся при очистке продуктов сгорания при сжигании. Отвердевание с цементом может также использоваться для многих других типов опасных отходов, включая размещение отходов с низким уровнем радиоактивности. Больше информации о применимости цементных способов можно найти в табл. 4.26 в следующем Разделе 3.3.2.5.

#### Экономика

В большинстве случаев поступающие отходы можно поставлять на существующие установки. Затраты на переработку для цементирования оцениваются примерно в 25 евро за тонну поступающих отходов.

#### Ограничения в применении

Способ является относительно простым для использования, и необходимые технические знания широкодоступны. Характеристики выщелачивания отвердевшего продукта можно значительно улучшить по сравнению с не переработанными поступающими отходами. Стабилизация отходов очистки продуктов сгорания в течение долгого времени и до сих пор считается приемлемым компетентными органами во многих странах мира. Основной причиной реализации технологии в Нидерландах был дефицит мощностей полигонов для опасных отходов.

#### Примеры установок

Способ, вероятно, чаще всего используется для переработки отходов очистки от сжигания продуктов сгорания, и он широко используется в Европе и Японии. Некоторые примеры цементирования перечислены ниже:

Таблица 3.25 ПРИМЕРЫ ЦЕМЕНТИРОВАНИЯ

Страна	Характеристика
Австрия	Установка для цементирования шлака и золы от сжигания ТБО работает в Австрии
Германия	Несколько компаний по добыче соли принимают несколько типов отходов (например, отходов очистки продуктов сгорания, шлаки, материалы сноса зданий) и производят цементирование с использованием остатков в качестве заполнителя. Отвердевшие переработанные отходы в основном используются в качестве заполнителя или для упрочнения. Цементирование на некоторых коях осуществляется на одной централизованной установке с использованием различных составов в соответствии с конечным назначением и потребностями. С централизованной установки для отвердевания продукт транспортируется на приемную шахту
Швеция	На одном полигоне в Швеции (Хогдалан <sup>6</sup> ) цементированные отходы очистки продуктов сгорания разливаются в блоки и размещаются на уровне поверхности полигона после затвердевания
Швейцария	Различные виды цементирования используются в Швейцарии (вначале финансирование осуществляло правительство Швейцарии и фирма Зульцер), где поступающие отходы промываются водой при отношении жидкости к твердому 2:1 и обезжелезываются перед смешиванием с цементом. Это оказалось полезно для удаления большинства растворимых солей из поступающих отходов, и, таким образом, увеличивается долговечность отвердевшего продукта. После отвердевания переработанные отходы размещаются на уровне поверхности полигона перед затвердеванием. На некоторых установках смесь разливается в формы для получения блоков, которые затем транспортируются на поверхность полигонов

<sup>6</sup> Город, расположенный вблизи Стокгольма, где в 2005 г. фирма Babcock & Wilcox/Walund пустила завод для сжигания ТБО с производительностью 37 т/ч.

### 3.3.2.5 Использование других реагентов в процессе иммобилизации

#### Описание

Некоторые способы включают в себя:

- а) герметизация битумом
- б) карбонизация с использованием CO<sub>2</sub>
- с) иммобилизация глинистыми минералами.

Достижимый положительный эффект

Частицы летучей золы можно инкапсулировать с помощью битума, и потенциальный контакт с водой, таким образом, ограничивается. Это улучшает свойства выщелачивания летучей золы; вероятно, снизится возможность выделения тяжелых металлов, чем в случае цементирования.

Остатки от сжигания отходов можно скорее стабилизировать с помощью карбонизации (с использованием CO<sub>2</sub>), чем с помощью гидратации (с добавкой цемента или без него). Карбонизация оказывает исключительное влияние на выщелачивание свинца и цинка и приводит к продукту с пониженным рН (около 9), но без потери способности кислотной нейтрализации.

Воздействие на окружающую среду

При иммобилизации битумом не имеется информации о возможном выщелачивании диоксинов из отвердевших частиц золы, но отмечено, что метод отвердевания сам по себе не снижает начальное содержание.

Таблица 3.26 ПРИМЕНИМОСТЬ РЕАГЕНТОВ ДЛЯ СТАБИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ

Компонент отходов	Реагент на основе цемента	Реагент на основе пуццолана	Термопластичный реагент	Органический полимерный реагент
<p>Неполярные органические вещества, такие как:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• масла и жиры</li> <li>• ароматические углеводороды</li> <li>• галогенированные углеводороды</li> <li>• РСВ</li> </ul>	<p>Может препятствовать схватыванию. Снижается длительная прочность в течение длительного периода времени. Летучие вещества могут выделяться при смешивании. В определенных условиях продемонстрирована эффективность</p>	<p>Может препятствовать схватыванию. Снижается длительная прочность в течение длительного периода времени. Летучие вещества могут выделяться при смешивании. В определенных условиях продемонстрирована эффективность</p>	<p>Органические вещества могут испаряться при нагреве. В определенных условиях продемонстрирована эффективность</p>	<p>Может препятствовать схватыванию. В определенных условиях продемонстрирована эффективность</p>
<p>Полярные органические вещества, такие как:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• спирты</li> <li>• фенолы</li> <li>• органические кислоты</li> <li>• гликоли</li> </ul>	<p>Фенол будет значительно замедлять схватывание и снижать длительную прочность в кратковременной перспективе и в течение длительного периода времени</p>	<p>Фенол будет значительно замедлять схватывание и снижать длительную прочность в кратковременной перспективе и в течение длительного периода времени. Спирты могут замедлять схватывание</p>	<p>Органические вещества могут испаряться при нагреве</p>	<p>Не оказывается значительного воздействия на схватывание</p>

Компонент отходов	Реагент на основе цемента	Реагент на основе пуццолана	Термопластичный реагент	Органический полимерный реагент
Кислоты: • Соляная кислота • Плавиковая кислота	Нет значительного воздействия на схватывание. Цемент будет нейтрализовывать кислоты. Типы портландцемента II и IV обладают лучшими характеристиками длительной прочности, чем тип I. Продemonстрирована эффективность	Нет значительного воздействия на схватывание. Совместим, будет нейтрализовывать кислоты. Продemonстрирована эффективность	Может быть нейтрализован перед введением	Может быть нейтрализован перед введением. Продemonстрирована эффективность мочевиноформальдегидного реагента
Окислители, такие как: • гипохлорат натрия • перманганат калия • азотная кислота • дихромат калия	Совместим	Совместим	Может привести к разрушению матрицы. Риск пожара	Может привести к разрушению матрицы. Риск пожара
Соли, такие как: • сульфаты • галогениды • нитраты • цианиды	Возрастает время схватывания. Снижается длительная прочность. Сульфаты могут замедлять схватывание и вызывать растрескивание, если только не будет использоваться специальный цемент. Сульфаты ускоряют другие реакции	Галогениды легко выщелачиваются и замедляют схватывание. Сульфаты могут замедлять или ускорять реакции	Сульфаты и галогениды могут обезвоживаться, а затем регидрироваться, вызывая растрескивание	Совместим
Тяжелые металлы, такие как: • мышьяк • кадмий • хром • свинец • ртуть	Совместим. Может повысить время схватывания. Продemonстрирована эффективность в определенных условиях	Совместим, продemonстрирована эффективность на определенных видах (свинец, кадмий, хром)	Совместим, продemonстрирована эффективность на определенных видах (свинец, кадмий, хром)	Совместим. Продemonстрирована эффективность с мышьяком

Герметизация битумом была использована только на летучей золе, а не для остатков от сухой и полусухой систем очистки дымовых газов, поскольку есть указания, что с ними могут быть проблемы.

#### Примеры установок

Отверждение с помощью битума практикуется в Нидерландах, карбонизация остатков от сжигания отходов практикуется в соединенном Королевстве, а иммобилизация с помощью глинистых минералов – в Австрии.

### 3.3.2.6 Стабилизация фосфатами

#### Описание

Химическая стабилизация с использованием фосфатов в качестве стабилизирующего агента. Процесс переработки относительно прост и состоит из устройства для смешивания (такого как мешалка асфальтобетоносмесителя), в которое подаются поступающие отходы с контролируемой подачей. Затем в смеситель подается определенная форма растворимых фосфатов. После тщательного смешения фосфатов с поступающими отходами конвейер в конце смесителя удаляет переработанный продукт. В некоторых случаях в зависимости от характеристик поступающих отходов используются другие добавки, такие как известь. Кинетика реакции быстрая, и материал считается полностью переработанным без дальнейшей резки. Иногда добавка фосфатов используется вместе с карбонизацией для того, чтобы связать некоторые металлы в отходах (например, свинец).

#### Достижимый положительный эффект

В процессе стабилизации в переработанных отходах остаются соли. По сравнению с другими сходными процессами вместе с фосфатами добавляется относительно мало воды. В процессе не образуются сточные воды.

#### Воздействие на окружающую среду

В настоящее время отсутствуют предложения в отношении использования полученного продукта. Возможно значительное выщелачивание после депонирования на полигоне, как и в случае с некоторыми тяжелыми металлами вследствие возрастающей растворимости (например, кадмия). Выделение солей и тяжелых металлов на полигоне ожидается больше, чем в случае других видов обработки. Стабилизация фосфатами может увеличить подвижность соединений фосфора в депонируемых отходах. В одном случае было показано, что наличие общего фосфора возросло с 2 мг/кг (до обработки) до 4900 мг/кг (после обработки).

#### Эксплуатационные особенности

Удельное потребление воды и фосфатов, а также добавок, вероятно, меняется в соответствии со свойствами поступающих отходов, однако, количественно определения нет.

#### Применимость

Процесс за исключением одного случая применяется как интегрированная часть установки для сжигания, но может быть также использован как централизованная установка для переработки остатков не только от инсинераторов. Этот процесс вначале был разработан для переработки отходов очистки от сжигания ТБО, однако, были сделаны попытки и проведены испытания для нескольких других типов отходов (например, загрязненной почвы, шлаков, осадков и т.д.).

#### Экономика

Затраты на переработку отходов очистки от сжигания составляют около 15 евро на тонну. В дополнение к этому, плата за право пользования патентом составляет 5-10 евро за тонну. Инвестиционные затраты составляют по-

рядка 150000-500000 евро на установку в зависимости от существующего оборудования.

Ограничения в применении

Основной причиной для реализации этого способа является простота работы. В настоящее время происходит широкомасштабное использование в США, Японии и на Тайване. Переработанный продукт там обычно принимается как подходящий для депонирования.

Примеры установок

Процесс в настоящее время используется в США, Японии и на Тайване примерно на 90 инсинераторах ТБО, и перерабатывается свыше 2 млн. т нелетучего остатка и отходов очистки от сжигания в год.

### **3.3.2.7 Термическая переработка твердых отходов**

Описание

Эти способы включают в себя остеклование, плавление и расплавление твердых отходов (см. Раздел 2.3.3.2). Их применение для твердых отходов от инсинераторов охватывается BREF по сжиганию отходов.

Достижимый положительный эффект

Можно использовать несколько способов для нагрева твердых отходов: способы электроплавки, системы горения с прямой подачей топлива или плавка с дутьем. Они различаются только способом передачи энергии твердому материалу. Обычно способы стимулируются печами, используемыми в черной металлургии.

В зависимости от системы плавления в реакционной камере можно утилизировать сплавы металлов. В зависимости от температуры в реакционной камере и состояния окисления или восстановления газовой фазы можно испарять тяжелые металлы (в особенности кадмий и свинец) и удалять с отходящими газами. Конфигурация термического устройства должна иметь систему очистки отходящих газов для минимизации выбросов.

Характерным преимуществом этих процессов является деструкция органических загрязняющих веществ, т.е. диоксинов. Установки для термической переработки обычно снижают объем примерно на 30-50% по отношению к начальному объему. Плавление повышает плотность продуктов обычно до 2,4-2,9 т/м<sup>3</sup>.

Расплавленные и остеклованные продукты обычно обладают очень хорошим сохранением свойств, но швейцарские исследования показали, что спеченные (спекание) продукты также достигают того же самого уровня стабильности в отношении сохранения свойств. Остекловывание обычно дает наиболее стабильный и прочный продукт.

Воздействие на окружающую среду

Основным недостатком этих способов является то, что для них требуются значительные затраты энергии.

Остекловывание и плавление приводят к подвижности летучих элемен-

тов, таких как Hg, Pb и Zn в течение процесса переработки, которая в некоторых процессах используется в сочетании с другими параметрами для получения продуктов рециклинга с низким содержанием летучих металлов. Вследствие выделения в процессе испаряющихся тяжелых металлов для термической переработки требуется дополнительная система очистки дымовых газов.

В процессах термической переработки используется значительное количество энергии. В дополнение к этому, в процессах образуются твердые остатки от очистки продуктов сгорания. С другой стороны, в процессе можно утилизировать металлы и в некоторых случаях можно подвергать рециклингу даже остеклованные продукты.

#### Эксплуатационные особенности

Обычно используется порядка 700-1200 кВт-час энергии на тонну перерабатываемого материала для достижения и поддержания повышенных температур, хотя сообщалось и о значениях до 8000 кВт-час/т. Потребление энергии и характер работы изменяются с изменением типа печи и конструкции установки.

#### Применимость

Обычно поступающие отходы должны соответствовать определенным требованиям, например, влагосодержание <5%, содержание несгоревших частиц <3%, содержание металлов <20% по весу и размер частиц золы <100 мм.

Термическая переработка используется для переработки нелетучего остатка, а также для комбинации из нелетучего остатка и отходов очистки продуктов сгорания. Вследствие обычно высокого содержания солей и тяжелых металлов в отходах очистки продуктов сгорания (эффективной очистки отходящих газов), необходимым требованием может стать отдельная переработка отходов очистки продуктов сгорания, и, таким образом, будет снижаться общая польза от отдельной переработки этих материалов.

#### Экономика

Способ обычно является дорогим по сравнению с другими вариантами переработки. Сообщается, что затраты на переработку составляют порядка 100-500 евро/т отходов. Инвестиционные затраты могут составить 20 млн. евро на установку с производительностью 1-5 т/ч.

#### Мотивации для применения

Основной причиной для реализации способа являются хорошее сохранение свойств конечного продукта; в особенности в случае остекловывания, и значительное снижение объема. В плотно заселенных районах, таких как в Японии, может быть дефицит мощностей полигонов, и само полигонное депонирование может быть относительно дорогим. Почти полностью разрушаются такие органические соединения как диоксины и фураны.

#### Примеры установок

Имеется 30-40 установок для плавления и остекловывания в Японии, и имеются также установки, работающие в Европе и США.

Таблица 3.27 УСТАНОВКИ ДЛЯ ТЕРМИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ

Страна	Характеристики			
США	Процесс остекловывания включает в себя начальные стадии, такие как удаление воды, обезвоживание и сушку при 500°C перед добавкой стеклообразующих добавок и плавления. Начальная промывка и сушка проводятся для удаления хлоридов и остаточного органического углерода			
	Установки для термической переработки нелетучих остатков и отходов очистки отходящих газов			
Япония		Работающие	Планируемые	Производительность (т/день)
	Электроплавка			
	Дуговые печи	4	2	655
	Плазменно-дуговые печи	4	2	183
	Печи сопротивления	2	3	148
	Обжиговые печи			
	С отражательной поверхностью	12		209
	С вращающейся поверхностью	5		84
	Плавка с дутьем			
	Со слоем кокса	3		170
	Сжигание остаточного углерода	1		15
	Итого	31	7	1464

### 3.3.2.8 Утилизация солей с помощью растворения/испарения

#### Описание

Когда образуются твердые отходы, можно рассмотреть потенциал их утилизации. Возможна утилизация, например, солей (NaCl, CaCl<sub>2</sub>, HCl и гипса). Эти продукты можно получить с помощью испарения или рекристаллизации соли из сточных вод системы очистки дымовых газов, либо по месту, либо на централизованной испарительной установке.

Когда скрубберные стоки очищаются отдельно и подвергаются испарению, можно получить утилизируемые продукты типа солей или соляной кислоты. Потенциал реутилизации таких продуктов в сильной степени зависит от качества продукта. При утилизации соли скрубберные стоки очищаются с помощью гидроксида натрия и карбоната кальция для получения твердого гипса, после отделения которого остается жидкость, содержащая главным образом хлорид натрия и кальция. Утилизируемый продукт подвергается контролю качества или даже обрабатывается дополнительно для повышения качества, а затем сбывается.

Достижимый положительный эффект

Основной целью операции является предотвращение сброса соленых сточных вод в систему канализации. Это достигается с помощью испарения скрубберных стоков из системы очистки дымовых газов.

Если твердый хлорид натрия должен отделяться индивидуально из упомянутого раствора, это достигается путем испарения раствора до содержания соли более, чем 30%, и при этом уровень чистая соль кристаллизуется. Упомянутые утилизируемые продукты соли наиболее часто повторно используются в регионах для борьбы с обледенением в зимнее время.

Повторное использование утилизированных солей может сэкономить природные ресурсы.

Воздействие на окружающую среду

Основным недостатком внешнего испарения сточных вод для солей являются не только эксплуатационные и материальные проблемы, но также и высокое потребление энергии, необходимой для испарения.

Эксплуатационные особенности

Испарение сточных вод, содержащих соли, зависит от концентраций соли, которая может очень сильно изменяться. Помимо проблем коррозии, необходимо учитывать относительно высокие инвестиционные и эксплуатационные затраты.

Для производства только гипса имеется несколько эксплуатационных проблем. Однако качество гипса определяется не только его чистотой в отношении наличия других нежелательных компонентов, но также и его цветом. Обычно можно ожидать производства рециклируемых продуктов в количестве около 2-5 кг на тонну отходов.

При производстве хлорида кальция акцент надо ставить на возможность чрезмерной коррозии, которая может возникать, и на непредусмотренный фазовый переход из твердого в жидкое состояние и наоборот.

Применимость

Можно применять для инсинераторов муниципальных отходов с системами очистки дымовых газов. Для инсинераторов ТБО с мокрой очисткой газа не разрешается сброс сточных вод вследствие законодательства и местных требований. Очищенные сточные воды из мокрых скрубберов все еще содержат соли, которые обычно нежелательны в системе канализации вследствие того, что они могут вызвать коррозию или привести к росту содержания соли в объектах с пресной водой. По этой причине сточные воды обычно перерабатывают термическими способами, а когда сточные воды используются для охлаждения, инжектируются и испаряются в неочищенных дымовых газах. Здесь утилизируемые продукты не получаются.

Испарение очищенных соленых сточных вод можно делать, как на централизованной, так и на децентрализованной установке. В последнем случае сам инсинератор ТБО может поставлять энергию, необходимую для испарения.

Для производства гипса этого можно достичь главным образом только путем эксплуатационных изменений, т.е. путем внедрения и эксплуатации соответствующих устройств для обезвоживания, включая циклоны, насосы и т.д.

### Экономика

Затраты на испарение и хранение утилизированных продуктов в несколько раз выше затрат на производство тех же самых солей из природных ресурсов. Таким образом, этот способ применяется главным образом скорее по экологическим причинам, чем по экономическим.

Вследствие производства уже больших количеств гипса высокого качества в процессах производства энергии на электростанциях, гипс, производимый упомянутым способом на инсинераторах ТБО, используется только для применений, когда имеются меньшие требования к качеству гипса. Если повторное использование невозможно, гипс должен депонироваться, и, таким образом, появляются соответствующие затраты на размещение.

### Ограничения в применении

Вследствие законодательства сброс скрубберных стоков из систем мокрой газоочистки должен быть минимизирован. Хотя сточные воды подвергаются интенсивной очистке для удаления, например, тяжелых металлов и других вредных примесей, они серьезно воздействуют на общее количество солей. Существенное снижение выбросов солей от индивидуальных инсинераторов ТБО в местную окружающую среду осуществляется только с помощью испарения скрубберных стоков. Путем отделения твердого гипса снижается количество удаляемых отходов от очистки дымовых газов.

### Примеры установок

Процессы испарения успешно внедряются в нескольких странах, в особенности в Германии, где на нескольких инсинераторах применяется эта технология.

## 3.3.2.9 Экстрагирование кислотой

### Описание

В ряде способов используется экстрагирование кислотой, некоторые примеры приведены в табл. 3.28:

Таблица 3.28 ТЕХНОЛОГИИ ЭКСТРАГИРОВАНИЯ КИСЛОТОЙ

Процесс	Характеристики
Процесс экстрагирования кислотой	<p>В этом процессе сочетается экстрагирование кислотой растворимых тяжелых металлов и солей с помощью использования (кислотной) продувки скруббера. Перед использованием скрубберных стоков удаляется ртуть либо с помощью фильтрации (когда активированный уголь вводится в скруббер) и (или) специального ионообменного устройства. Этим способом обрабатываются, как зола котла, так и летучая зола. Отношение L/S (жидкости к твердому) на стадии экстракции составляет около 4:1. pH контролируется на уровне 3,5 с помощью добавки гашеной извести. При времени пребывания около 45 мин сульфат (из скруббера SO<sub>2</sub>) осаждается до гипса. Твердый остаток обезвоживается, затем при движении противотоком промывается на ленточном фильтре и в конечном итоге депонируется, обычно в смеси с нелетучим остатком.</p> <p>Фильтрат должен очищаться для того, чтобы удалить тяжелые металлы с помощью нейтрализации, осаждения и ионного обмена. Обезвоженный и промытый фильтровальный кек содержит около 25% цинка, и, поэтому, подвергается рециклингу в металлургических процессах</p>

Процесс	Характеристики
Сочетание экстрагирования кислотой с термической переработкой	В этом процессе сочетается экстрагирование кислотой с термической переработкой. Во-первых, промываются зола котла и летучая зола с помощью раствора из скруббера первой стадии мокрой очистки и далее обезвоживается. Затем твердые остатки обрабатываются во вращающейся печи в течение одного часа при температуре около 600°C с разрушением большинства органических соединений и испарением ртути. Отходящие газы очищаются в фильтре с активированным углем. Сточные воды очищаются путем удаления тяжелых металлов. Скрубберные стоки после второго скруббера используются для промывки нелетучего остатка и для нейтрализации потоков кислых стоков
Сульфидный процесс экстрагирования кислотой	В этом процессе объединяют летучую золу и скрубберный раствор NaOH с водой с отношением L/S 5. После смешивания pH корректируют до примерно 6-8 с помощью HCl для экстракции тяжелых металлов, а NaHS добавляется для связывания тяжелых металлов как сульфидов. Затем добавляют коагулянт и обезвоживают суспензию. Фильтровый кек депонируется на полигоне, а сточные воды очищают в следующем очистном сооружении для удаления тяжелых металлов

#### Достижимый положительный эффект

С помощью процесса можно удалять значительную часть общего количества тяжелых металлов из поступающих отходов (Cd: ≥85%; Zn: ≥85%; Pb и Cu: ≥33%; Hg: ≥95%); выщелачиваемость материала снижается в 102-103. Цинк, кадмий и ртуть подвергаются рециклингу.

#### Воздействие на окружающую среду

Содержание диоксинов в нелетучем остатке возрастает, когда обрабатываемая зола размещается "в сочетании" с нелетучим остатком; однако потенциал выщелачивания смеси выше, поскольку выше плотность.

#### Эксплуатационные особенности

Большая часть установок, которые работают 24 часа (в сутки), может быть адаптирована к еженедельному циклу работы (4-7 дней) в соответствии с появлением отходов от очистки продуктов сгорания.

#### Применимость

Систему можно использовать только в инсинераторах с системой очистки продуктов сгорания, имеющей разрешение на сброс очищенных сточных вод.

#### Экономика

Затраты процесса на переработку отходов системы очистки продуктов сгорания составляют около 150-250 евро/т (включая платежи за рециклинг фильтровального кекса с цинком).

#### Ограничения в применении

Этот способ является методом для переработки твердых отходов в соответствии со швейцарским законодательством при конкурентных (по сравнению с экспортом в Германии для подземного хранения) затратах.

#### Примеры установок

Пуск первой установки состоялся в 1996 г. В настоящее время шесть установок работает в Швейцарии и одна в Чешской Республике.

### **3.3.2.10 Извлечение грунта и удаление загрязненной почвы**

Описание

Некоторые способы включают в себя:

- а) идентификация и способы работы для снижения неорганизованных выбросов с помощью надлежащего управления участком
- б) ограждение участка ремедиации и применение очистки воздуха
- с) контроль скорости извлечения грунта, площади загрязненной почвы и длительности времени, когда сваи в почве остаются непокрытыми. Регулирование времени извлечения грунта также может быть важным. Составление графика извлечения грунта в течение дня или сезонов года, когда скорость ветра и температура низкие, что может помочь в снижении выбросов. Работу можно также планировать для того, чтобы избежать сезонов с условиями сухой почвы для дальнейшей минимизации выбросов.

Достижимый положительный эффект

Снижаются неорганизованные выбросы, происходящие при извлечении грунта и удалении загрязненной почвы. Можно также добиться контроля выбросов ЛОС с помощью регулирования рабочих условий в пределах заранее установленных параметров.

Воздействие на окружающую среду

Некоторые выбросы летучих загрязняющих веществ неизбежны при извлечении грунта. Безветренные условия могут привести к неприемлемым концентрациям в окружающем воздухе на рабочем участке.

Применимость

Ограждение участка ремедиации с помощью свода не является обычно используемым методом.

### **3.3.2.11 Термодесорбция почвы**

Описание

См. Раздел 2.3.9. Некоторые способы включают в себя:

- а) использование лабораторных испытаний для определения пригодности термодесорбции и наилучшего времени пребывания и температуры. Эффективность термодесорбции связана с конечной температурой почвы, которая достигается и которая, в свою очередь, является функцией времени пребывания и теплопередачи. Действие температуры и времени пребывания в системах с лабораторными испытаниями подтвердило эффективность и в системах пилотного масштаба
- б) применение соответствующей температуры. Температурный диапазон обычной переработки для нефтяного топлива из утечек с участков подземного хранения в баках составляет 200-480оС. Для обработки почв, содержащих пестициды, диоксины и РСВ, температуру необходимо повысить выше 450оС
- с) снижение влагосодержания обрабатываемой почвы в определенном диапазоне применяется вследствие затрат на переработку отходов с высоким влагосодержанием. Обычный приемлемый диапазон влагосодержания для вращаю-

щихся сушильных устройств и асфальтовых печей составляет 10-30%, в то время как система с термошнеком может перерабатывать отходы с влажностью до 30-80%. Для удаления ЛОС в идеальном случае влагосодержание почвы должно быть 10-15%, так как с водяными парами будет переноситься часть ЛОС

d) наличие на месте оборудования для сбора и контроля, такого как камера дожигания, устройства термического окисления, рукавных фильтров, активированный уголь или конденсаторы для очистки газов.

Достижимый положительный эффект

Гибкость, так как с помощью термодесорбции можно обрабатывать широкий диапазон органических загрязняющих веществ. А также то, что система может быть мобильной. Аппараты для термодесорбции работают при пониженных температурах, так что значительная экономия топлива может быть при сравнении со сжиганием. При этом также образуются небольшие объемы отходящих газов, которые нужно очищать. Типичные технические условия для систем термодесорбции показаны в табл. 3.29.

**Таблица 3.29 СРАВНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕРМОДЕСОРБЦИИ И СИСТЕМ ОЧИСТКИ ОТХОДЯЩИХ ГАЗОВ**

	Вращающаяся сушилка	Асфальтовая установка	Термошnek	Конвейерная печь
Мобильность	Стационарная и мобильная	Стационарная	Мобильная	Мобильная
Типичная мощность участка (т)	450-23000	0-9000	450-4500	450-5000
Производительность для очистки почвы (т/ч)	9-45	23-90	3-14	5-9
Максимальный размер подаваемой почвы (см)	5-8	5-8	3-5	3-5
Метод теплопередачи	Прямой	Прямой	Косвенный	Прямой
Метод смешивания почвы	Вращение оболочки и подъемники	Вращение оболочки и подъемники	Шнек	Мешалка для почвы
Время пребывания почвы (мин)	3-7	3-7	30-70	3-10
Температура сброса почвы (°C)	150-300a 300-650b	300-600	150-250c 300-250d 500-850e	300-800
Поток газа/твердых частиц	Параллельный или противоточный	Параллельный или противоточный	Не применяется	Противоточный
Атмосфера	Окислительная	Окислительная	Инертная	Окислительная
Температура в камере дожигания (°C)	750-1000	750-1000	Обычно не используется	750-1000
Максимальная тепловая нагрузка (МДж/ч)g	10500-105000	5300-105000	7400-10500	10500
Время разогрева в холодных условиях (ч)	0,5-1	0,5-1	Не сообщается	Не сообщается
Охлаждение в горячих условиях (ч)	1-2	1-2	Не сообщается	Не сообщается

	Вращающаяся сушилка	Асфальтовая установка	Термошnek	Конвейерная печь
Общие углеводороды нефти Начальная концентрация (мг/кг) Конечная концентрация (мг/кг) Эффективность удаления (%)	800-3500 <10-300 95,0-9969	500-25000h <20h Не сообщается	60-50000 ND-5500 64-99	3000 <10,0 >99,9
ВТЕХ Начальная концентрация (мг/кг) Конечная концентрация (мг/кг) Эффективность удаления (%)	Не сообщается <1,0 Не сообщается	Не сообщается Не сообщается Не сообщается	155 <1,0 >99	Не сообщается <0,12 Не сообщается

<sup>a</sup> Материал конструкции из углеродистой стали

<sup>b</sup> Материал конструкции из сплава

<sup>c</sup> Система теплопередачи с горячим маслом

<sup>d</sup> Система теплопередачи с расплавом соли

<sup>e</sup> Система электронагрева

<sup>f</sup> Не используется на всех системах

<sup>g</sup> Общая нагрузка устройства для термодесорбции плюс камеры дожигания

<sup>h</sup> Информация продавца

### Воздействие на окружающую среду

Для того чтобы разрушить загрязняющие вещества, процесс десорбции нуждается в последующей камере дожигания и очистке отходящих газов. Причина состоит в том, что при десорбции происходит только удаление твердой или жидкой фазы и переход в газовую фазу. Поэтому необходимы устройства для контроля воздушных выбросов. Эффективность процесса термодесорбции будет изменяться с изменением химических и физических свойств определенных загрязняющих веществ. Металлы (например, свинец) имеют тенденцию оставаться в почве после обработки, так что может потребоваться дополнительная переработка почвы (например, стабилизация). Устройства для термодесорбции могут работать при температурах до и выше 500°C, так что может происходить некоторый пиролиз и окисление в дополнение к испарению воды и органических соединений.

### Применимость

Применимо к почве, загрязненной летучими соединениями при рабочей температуре. Органические соединения с высоким молекулярным весом могут засорять или забивать рукавные фильтры или системы конденсационных сепараторов. Поэтому типы нефтепродуктов, которые можно перерабатывать с помощью специализированных технологий, могут быть ограничены. Вращающиеся сушилки обычно могут очищать почву, в которых содержание органических веществ менее 2%. Термошнеки могут использоваться для очистки почв, в которых содержится до 50% органических веществ.

### Экономика

Обычно дешевле, чем сжигание.

Ограничения в применении

Термодесорбция отличается от сжигания по отношению к нормативным требованиям и требованиям для получения разрешений. Возможно, что наиболее важно, термодесорбция в большей степени признается общественностью, чем другие методы термической переработки.

### **3.3.2.12 Экстракция паром**

Описание

См. Раздел 2.3.3.10. Так как пары удаляются из твердых отходов, они обрабатываются для снижения выбросов в воздух. Теоретически возможно прямое сжигание, если содержание углеводородов в отходящих газах достаточно высокое, но концентрация обычно значительно снижается в течение удаления. Поэтому природный газ или некоторые другие виды топлива необходимы для поддержания горения. Кроме того, по причинам безопасности обычно добавляют воздух для поддержания концентрации ЛОС ниже нижнего предела взрываемости. Для более низких уровней углеводородов каталитическое окисление или адсорбция углем могут быть эффективнее.

Достижимый положительный эффект

Выбросы в воздух происходят от точечного источника, и, таким образом, их можно легко контролировать. Успех метода меняется с летучестью (давлением паров) находящихся загрязняющих веществ.

Воздействие на окружающую среду

Значительное остаточное загрязнение может оставаться в твердых отходах после обработки.

Эксплуатационные особенности

Оборудование простое с точки зрения установки и эксплуатации.

Применимость

Обработка применима для извлекаемого грунта. Однако она не применима для насыщенного грунта или для почв с низкой проницаемостью воздуха, но применима для очистки почв, загрязненных РСВ.

Экономика

Большие объемы извлеченного грунта можно очищать рентабельным способом.

### **3.3.2.13 Промывка почвы**

Описание

См. Раздел 2.3.3.13. Некоторые способы включают в себя:

- а) максимально возможный рециклинг продувочной воды
- б) использование угольных фильтров для очистки собранных атмосферных выбросов с участка с отходами или установки для промывки почвы
- с) обеспечение выполнения требований подвергать соответствующей обработке и размещению осадков и твердых частиц от очистки сточных вод.

Достижимый положительный эффект

Таблица 3.30 РЕЗЮМЕ РАБОЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЛЯ ПРОМЫВКИ ПОЧВЫ

Установка	Загрязняющие вещества	Концентрация в неочищенной почве (частей на млн.)	Диапазон эффективностей удаления (%)	Остаточные концентрации (частей на млн.)
1	Масла и жиры		50-83	250-600
2	Пентахлорфенол		90-95	<115
	Другие органические соединения		85-95	<1
3	Масла и жиры		90-99	<5-2400
4	Летучая органика		98->99	<50
	Полулетучая органика		98->99	<250
	Большинство топлив		98->99	<2200
5	Ароматические соединения		>81	>45
	Сырая нефть		97	2300
6	Общая органика		96	159-201
	РАН		86-90	91,4-97,5
7	Масла		>99	20
8	Углеводороды		96,3	82,05
	Хлорированные углеводороды		>75	<0,01
	Ароматические соединения		99,8	<0,02
	РАН		95,4	15,48
9	Котельное топливо	7666	65	2650
10	Котельное топливо	7567	73	2033
11	Котельное топливо	9933	72	2833

168

В табл. 4.31 представлены некоторые ориентировочные общие эффективности для промывки почвы.

Таблица 4.31 ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ КОМПОНЕНТОВ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ПРОМЫВКЕ ПОЧВЫ [123, PERSEO, 2003]

Загрязняющие вещества	Общая эффективность, %
TPH <sup>7</sup> (C10-C40)	90-98
РАН	90-97
ВТЕХ	90-97
РСВ	90-97
Металлы	
As	60-80
Cd	60-80

<sup>7</sup> TPH – нефтепродукты в почве

Cr	80-90
Cu	75-85
Hg	85-95
Ni	85-90
Pb	90-95
Zn	85-95

1 Общая эффективность = (1 – концентрация в незагрязненном песке/концентрация в загрязненной почве) × 100

### 3.3.2.14 Экстрагирование растворителем

См. Раздел 2.3.3.11.

Достигаемый положительный эффект

**Таблица 3.32 РЕЗУЛЬТАТЫ РЕМЕДИАЦИИ СЕПАРАТОРОМ ПО СТАНДАРТУ АМЕРИКАНСКОГО НЕФТЯНОГО ИНСТИТУТА ОСАДКОВ С ПОМОЩЬЮ ЭКСТРАГИРОВАНИЯ РАСТВОРИТЕЛЕМ**

Соединение	Начальная концентрация (мг/кг)	Конечная концентрация (мг/кг)	Удаление (%)
Антрацен	28,3	0,12	99
Бензол	30,2	0,18	99
Бенз-а-пирен	1,9	0,33	83
Бис-(2-этилгексил)фталат	4,1	1,04	75
Хризен	6,3	0,69	89
Этилбензол	30,4	0,23	99
Соединение	Начальная концентрация (мг/кг)	Конечная концентрация (мг/кг)	Удаление (%)
Нафталин	42,2	0,66	98
Фенантрен	28,6	1,01	96
Пирен	7,7	1,08	86
Толуол	16,6	0,18	99
Общие ксилолы	13,2	0,98	93

Применимость

Применимо для удаления РСВ из почвы. Загрязненный растворитель должен затем перерабатываться для разрушения РСВ.

### 3.3.2.15 Испарение

Описание

Испарение обычно является важной частью установки для физико-химической переработки. На установке для переработки с помощью испарения концентрируются опасные отходы. Концентрат обычно сжигается. Осадки (конденсат) хранятся временно и после проведения анализа и контроля они должны транспортироваться на установку для очистки сточных вод. Отработанный воздух необходимо чистить с помощью угольного фильтра.

Перед испарением на установке для физико-химической переработки проводится определенная предварительная обработка. Это флокуляция, осаждение, ультрафильтрация и расщепление органики. После испарения проводится флокуляция конденсата, если он загрязнен нефтепродуктами. Отработанный воздух очищается с помощью щелочной фильтрации и угольного фильтра.

Достижимый положительный эффект

Снижение количества образующихся сточных вод. Достижимые уровни для отработанного воздуха и сточных вод показаны в табл. 3.33.

**Т А Б Л И Ц А 3.33 ДОСТИГАЕМЫЕ УРОВНИ ПРОЦЕССА ИСПАРЕНИЯ, ПРОВОДИМОГО ДЛЯ СТОЧНЫХ ВОД**

Соединение	Величина	Единица	Загрузка	Единица
Параметры отработанного воздуха				
ТОС	63	мг/нм <sup>3</sup>	96	кг/год
Параметры образовавшихся сточных вод				
Температура	30	оС		
pH	9,3			
Электропроводность	900	МСм/см		
Вещества в отложениях (105°С)	0,1	мг/л	2	кг/год
БПК	3000	мг/л	60000	кг/год
ХПК	5000	мг/л	100000	кг/год
Углеводороды	2	мг/л	40	кг/год
Фенол		мг/л		кг/год
АОХ	0,1	мг/л	2	кг/год
Нитриты	0,01	мг/л	0,2	кг/год
Цианиды	0,02	мг/л	0,4	кг/год
Al	2	мг/л	40	кг/год
Fe	0,1	мг/л	2	кг/год
As	0,01	мг/л	0,2	кг/год
Cr общий	0,1	мг/л	2	кг/год
Cr (VI)	0,01	мг/л	0,2	кг/год
Cu	0,1	мг/л	2	кг/год
Hg	0,001	мг/л	0,02	кг/год
Ni	0,1	мг/л	2	кг/год
Pb	0,1	мг/л	2	кг/год
Zn	0,1	мг/л	2	кг/год
Перерабатываемые отходы: 20000 тонн в год				

### 3.3.2.16 Очистка и рециклинг отходов очистки дымовых газов

#### Описание

Очистка дымовых газов на натриевой основе в основном состоит из хлорида натрия (в результате нейтрализации HCl), сульфата натрия (в результате нейтрализации SO<sub>2</sub>), карбоната натрия (в результате избытка бикарбоната натрия), адсорбента для летучей золы (активированного угля или бурого угольного кокса).

В системах одинарной фильтрации дымовых газов летучая зола смешивается с солями для нейтрализации, и растворимая часть составляет около 50% поступающих отходов; в системах двойной фильтрации дымовых газов первый фильтр улавливает большую часть летучей золы, а отходы очистки дымовых газов на натриевой основе, которые собираются во втором фильтре, содержат около 90% растворимых солей.

Процесс включает в себя следующие стадии:

а) смешивание отходов от очистки дымовых газов с гидравлическими связующими: подготовка к отвердеванию нерастворимых солей

б) растворение в воде и добавка аддитивов: растворимая часть растворяется, а большинство тяжелых металлов осаждается

в) фильтрация этой суспензии: получающимися продуктами являются самотвердеющий фильтровальный кек с очень низким содержанием растворимой фракции (после промывки) и природный рассол, содержащий растворимые соли

д) очистка рассола (с различными стадиями, включающими ионообменные смолы) таким образом, чтобы можно было его вторично использовать при производстве карбоната натрия (кальцинированной соды).

В этом процессе не получают другие продукты, кроме отвердевшего фильтровального кека (должен депонироваться) и очищенного рассола, который замещает часть свежего сырья, используемого установкой для производства кальцинированной соды: жидких стоков нет вообще.

Достижимый положительный эффект

В технологии, описанной здесь, происходит разделение между растворимыми и нерастворимыми частями отходов от очистки дымовых газов, отвердевшая нерастворимая часть очищается, а растворимая часть, состоящая из неорганических солей, повторно используется в некоторых отраслях промышленности. Поэтому:

- депонируемая на полигоне твердая часть отходов от очистки дымовых газов имеет фракцию с очень низкой растворимостью, что способствует лучшему отвердеванию; поэтому снижается потребление гидравлических связующих и уменьшается количество конечных отходов

- растворимая часть отходов от очистки дымовых газов повторно используется в химической промышленности, благодаря чему замещается использование первичных материалов (соль является одним из основных видов сырья для установок по производству кальцинированной соды). Эта растворимая часть

подвергается рециклингу при уровне выше, чем 95%.

При переработке не образуются жидкие стоки (все жидкости повторно используются как технологическая вода для получения рециклированного рассола) и нет сообщений о значительных выбросах в воздух (процесс происходит при температуре окружающего воздуха).

Воздействие на окружающую среду

Не идентифицировано.

Взаимодействие элементов среды

Этот процесс сравнивается с отвердеванием и полигонным депонированием отходов от очистки дымовых газов. С этой точки зрения, (1) отвердевание намного легче при отделении растворимой части; (2) количество конечных остатков снижается, сообщается о конкурентоспособности этого процесса в некоторых странах.

Применимость

Процесс применяется для переработки отходов после очистки дымовых газов, поступающих от установок по сжиганию твердых муниципальных отходов с добавлением бикарбоната натрия. Этот процесс осуществляется в специально предназначенных для этого и централизованных установках, находящихся близко к установкам для производства кальцинированной соды, использующим полученный очищенный рассол, и которые принимают отходы от очистки дымовых газов, поступающие от различных установок для сжигания ТБО.

Экономика

Для процесса не требуется больших затрат энергии: он работает при температуре окружающего воздуха. Эксплуатационные затраты низкие, а инвестиционные затраты на установки для переработки являются ключевым фактором. Поэтому данный процесс должен осуществляться на централизованных установках, обслуживающих несколько мусоросжигательных заводов.

Ограничения в применении

Этот процесс является предпочтительным вследствие ряда присутствующих факторов:

- жестких правил для полигонного депонирования: когда требуется безопасное отверждение
- сопротивление новым проектам для полигонов, так как имеется тенденция депонировать как можно меньше отходов
- тенденция к содействию Рециклингу.

Примеры установок

Две установки работают в промышленном масштабе, используя этот процесс или небольшие изменения к нему: одна в Италии (Тоскана) с производительностью 10 тыс. тонн отходов от очистки дымовых газов/год и одна во Франции (Лотарингия) с производительностью 50 тыс. тонн отходов от очистки дымовых газов/год. Обе установки поставляют очищенный рассол в качестве сырья для производства кальцинированной соды.

### **3.3.3 Физико-химическая переработка специальных отходов**

#### **3.3.3.1 Переработка масел, загрязненных РСВ**

##### Описание

Процесс представляет собой дегалогенирование масел, загрязненных РСВ, от электрических трансформаторов. Процесс также позволяет обезвреживать соединения, кипящие при низкой температуре, и продукты окисления, которые вызывают снижение диэлектрических свойств загрязненных масел. В конце процесса проводится процесс фильтрации для того, чтобы устранить побочные продукты реакции.

##### Достижимый положительный эффект

В процессе получается масло с диэлектрическими характеристиками, которые дают возможность его повторного использования для той же самой цели, при содержании РСВ меньше, чем 1 часть на млн.

##### Применимость

Применяется для трансформаторных масел с содержанием РСВ от 25 до 2000 частей на млн. Процесс можно применять:

- для дегалогенирования и утилизации минеральных масел от бывших трансформаторов, которые загрязнены РСВ
- для очистки и утилизации работающих трансформаторов, в которых содержатся минеральные масла, загрязненные РСВ. Эта стадия выполняется с помощью рециркуляции дегалогенированного минерального масла, и она позволяет провести экстракцию остаточных РСВ, абсорбированных в различных компонентах трансформаторов (например, бумаге и древесине).

##### Экономика

Диапазон концентраций, упомянутых выше. Это типичный диапазон, для которого данный способ является экономически обоснованным. Технически это не проблема, когда применение происходит при более высоких концентрациях, но было выявлено, что имеются другие типы переработки РСВ, которые экономически более выгодны.

##### Мотивация для применения

Имеются мобильные системы, которые можно применять для трансформаторов, находящихся в эксплуатации, без необходимости перемещать их.

##### Примеры установок

Одна установка работает в Италии.

#### **3.3.3.2 Термохимическая конверсия отходов асбеста**

##### Описание

В технологии термохимической конверсии используется сочетание химической переработки и тепла для реминерализации<sup>8</sup> асбеста и других силикатных материалов. Процесс реминерализации достигает нескольких целей, включая:

- конверсию минералов асбеста в минералы не асбеста, без необходимости плавления

<sup>8</sup> Восстановление элементного состава и содержания минеральных солей.

- деструкцию органических соединений с помощью пиролиза и (или) окисления

- иммобилизацию металлов и радионуклидов.

Процесс также имеет своим результатом деструкцию органических веществ, включая РСВ, до 99,9999% эффективности удаления. Токсичные металлы стабилизируются в спеченном продукте за счет взаимодействия молекул, и разработчик технологии полагает, что на основе предварительных испытаний процесс будет эффективным также и для радионуклидов.

#### Применимость

Процесс эффективен также для других типов отходов, включая городской мусор и предпочтительно органических отходов. Технология применима к жидким и твердым отходам, которые в разумных пределах гомогенны или которые можно сделать таковыми без дополнительных затрат. С помощью процесса можно перерабатывать отходы, загрязненные разнообразными загрязняющими веществами, включая органические загрязняющие вещества, такие как ЛОС; полуволетучие органические соединения; РСВ и диоксины; неорганические загрязняющие вещества, такие как асбест и цианиды; металлы, включая мышьяк, свинец, хром, барий, цинк, селен, кадмий; радионуклиды, которые могут быть остеклованы, такие как трансурановые элементы, цезий, торий и уран; смеси этих загрязняющих веществ.

Отходы, для которых имеются ограниченные данные, или для которых полагают, что технология не обоснована экономически, или они технически несовместимы, включая ртуть, газообразные радионуклиды, такие как  $^{14}\text{C}$ , взрывчатые вещества и некоторые реагенты (хотя полагают, что технология может быть применимой, но не имеется данных в поддержку этого утверждения).

#### Экономика

Технология обеспечивает эффективность переработки, эквивалентную остекловыванию, без требования плавления отходов. Это делает технологию менее дорогой и более универсальной для некоторых отходов. Капитальные затраты на установку с производительностью 37 т в день составляют приблизительно 3 млн. долл. США. При использовании предположений, представленных в конце этого раздела, система с производительностью 37 т/день может перерабатывать материал, содержащий асбест, приблизительно за 175-225 долл. США за тонну.

Тремя самыми крупными статьями, дающими наибольший вклад в общие затраты, являются топливо, оборудование и рабочая сила. На топливо приходится приблизительно 36% общих затрат, на оборудование – 30% и на рабочую силу – 22%. На другие статьи, такие как реагенты, обслуживание, вода, электроэнергия, оборудование для личной защиты и фильтры приходится 12% остающихся общих затрат.

Оценки затрат, представленные в этом разделе, основаны на следующих предположениях:

- описание системы: система на 37 т/день, с непосредственным нагревом и утилизацией тепла, со скруббером с гашеной известью

- капитальные затраты: на основе возмещения капитала в течение 7 лет при реальной ставке учетного процента 3,0% (2002 г.)
- условия эксплуатации: работа 24 ч/день, эффективность эксплуатации 80%, персонал 9 человек
- затраты включают в себя топливо (керосин), электроэнергию, химикаты для процесса, оборудование для защиты персонала, регулярное обслуживание и высокоэффективные воздушные фильтры
- включены также накладные расходы и прибыль
- размещение обработанных материалов не включено
- транспортирование на установку для переработки не включено.

Ограничения в применении

Отходы асбеста обычно депонируются на полигонах. Однако некоторые виды асбеста могут быть загрязнены радионуклидами, РСВ, металлами. По этой причине для этих материалов может потребоваться предварительная обработка перед размещением на полигоне.

Примеры установок

Новая установка недавно предложена в Италии.

### ***3.3.3.3 Переработка отходов, содержащих ртуть***

Некоторые способы включают в себя:

- а) предварительную обработку отходов, содержащих ртуть, как указано ниже:
  - измельчение/дробление батареек и кнопочных элементов
  - сортировку/раздробление/сепарацию термометров и контакторов
  - центрифугирование осадка, содержащего ртуть, для того, чтобы удалить большую часть металлической ртути. Остаточный осадок имеет низкое содержание ртути и перерабатывается в ходе процесса вакуумной дистилляции
    - измельчение/грохочение газоразрядных ламп, удаление железа и разделение его на фракции. Флуоресцентный порошок, содержащий ртуть, перерабатывается с помощью вакуумной дистилляции
    - удаление наконечника лампы/продувка воздухом газоразрядных ламп с помощью нагрева и охлаждения удаленных наконечников. После этого флуоресцентный порошок, содержащий ртуть, продувается (воздухом). Для этой предварительной обработки может быть добавлен блок выборки. Он обнаруживает порошок для того, чтобы селективно выдувать его. Возможно повторное использование порошка
- б) проведение следующей последовательности переработки:
  - разделение и концентрация ртути с помощью испарения и конденсации
  - очистка отходящих газов с помощью фильтров для улавливания пыли и фильтров из активированного угля
  - возврат пыли и загрязненного угля из системы очистки газа в процесс
- с) переработка дистиллята (воды и органических фракций) с помощью:
  - сжигания в инсинераторе
  - пропускания газов после дистилляции через камеру дожигания (прибли-

зительно с температурой 850оС) и конденсатор. Отходящие газы очищаются с помощью системы очистки (например, скруббера, фильтров для улавливания пыли и фильтра из активированного угля). Разделенная пыль и загрязненный уголь возвращаются в дистилляционную емкость. Эта альтернатива повышает уровень утилизации

- очистка водной фракции (после разделения) и возвращение отстоя в дистилляционную емкость. Эта альтернатива повышает уровень утилизации.

Достижимый положительный эффект

Ртуть подвергается рециклингу как вторичное сырье. Предназначение остатка из вакуумной камеры зависит от перерабатываемых отходов. Его можно использовать в качестве вторичного сырья (например, для батареек) или депонировать (например, в случае осадка, содержащего ртуть).

На установке для термической ремедиации почвы с производительностью 2 т/ч почвы, содержащей ртуть, и с концентрацией ртути в неочищенном газе до 20 мг/нм<sup>3</sup>, с максимальной степенью удаления 99,9%. Сообщалось также, что содержание ртути в почве (1-300 мг/кг) снижалось менее чем до 5 мг/кг с последующей термической переработкой. Еще в одной переработке, судя по сообщениям, процент ртути, выбрасываемой в воздух, составлял 0,0015%. Диапазон выбросов колебался от 0,04 до 0,2 мг/нм<sup>3</sup>.

При вакуумной дистилляции осадка, содержащего ртуть (1-4% ртути), утилизируется 99,6% ртути. Около 0,1% ртути остается в остатке и около 0,15% выходит с дистиллятом, который должен сжигаться. И последняя часть содержится в отходящих газах. С помощью фильтра из активированного угля отделяется 99,9% ртути. Максимальная концентрация ртути в осадке составляет 50 мг/кг сухого вещества.

Воздействие на окружающую среду

- потребление энергии для процесса дистилляции и возможной предварительной обработки

- потребление активированного угля и воды при очистке газа
- выбросы воздух.

Эксплуатационные особенности

Потребление электроэнергии для нагрева вакуумной камеры и для вакуумного насоса составляет 3,5 ГДж/т отходов. Потребление охлаждающей воды составляет приблизительно 13 т/л отходов, содержащих ртуть. Для переработки осадка, содержащего 2% ртути, количество необходимого активированного угля доходит до 24 кг/т отходов.

Вследствие опасной природы паров, содержащих ртуть, требуются меры безопасности. Они включают в себя системы вытяжки; испытания методом измерений; затворы; процедуры безопасности для заполнения, опорожнения и (разъединения)/соединения с вакуумной камерой; установки для обезвреживания. Для минимизации риска взрыва применяются другие меры безопасности, такие как работа герметичной системы; автоматическое регулирование давления; зоны без дыма и искробразования.

### Применимость

Вакуумная дистилляция применима для осадка, содержащего ртуть, в нефте- и газоперерабатывающей промышленности, для батареек, катализаторов, фильтров из активированного угля, термометров, отходов стоматологии, флуоресцентных лам, обдувки дробью и почвы. Различные потоки отходов отдельно перерабатываются в процессе вакуумной дистилляции. Производительности установок изменяются от 300 до 600 т/год отходов, содержащих ртуть.

### Ограничения в применении

- полигонное депонирование запрещено для некоторых отходов, содержащих ртуть. По сравнению с непосредственным депонированием или сжиганием отходов, содержащих ртуть, количество отходов мало и в них не содержится ртуть, в связи с чем предотвращается диффузия в окружающую среду
- предпочтительный порядок для управления отходами в соответствии с Рамочной директивой по отходам 6-й Программы действий ЕС в области окружающей среды.

### Примеры установок

Установка для термической ремедиации почвы в Швеции, две установки в Нидерландах для переработки с помощью вакуумной дистилляции. Примеры установок, где применяется предварительная обработка: одна в Нидерландах (измельчение газоразрядных ламп) и одна в Бельгии (переработка с удалением наконечника и продувкой воздухом).

## 3.4 Технологии, рассматриваемые при переработке, применяемой главным образом для утилизации материалов из отходов

В этом разделе содержится информация о технологиях, считающихся как имеющих хорошие экологические рабочие показатели (например, использование надежной энергетической системы), или которые могут помочь достичь хороших экологических показателей (например, системы экологического менеджмента). Они относятся к видам переработки для утилизации главным образом материалов из отходов.

### 3.4.1 Отработанные масла

Этот раздел охватывает технологии, рассматриваемые при определении НДТ для регенерации отработанных масел.

#### 3.4.1.1 Общие технологии для повышения выхода при регенерации

##### Описание

Выход годного продукта с установки для регенерации изменяется от 55 до 75%, в зависимости от процесса и в меньшей степени от состава отработанного масла. Некоторые способы для повышения эффективности включают в себя:

- а) направление остатков из колонки для вакуумной дистилляции на установ-

ку для отбора пропана, где можно утилизировать 80% остаточного компонента, и в то же самое время снижение содержания остатка

б) направление тяжелых нефтяных остатков из колонки для вакуумной дистилляции на установку для термического крекинга для производства газойля

с) выбор подходящей величины вакуума в установках для вакуумной дистилляции (например, группа из трех стадий с паровыми эжекторами при 17 мм рт. ст.). Вакуум можно получить с помощью безмасляного вакуумного насоса или высокоэффективных многостадийных паровых эжекторов

д) использование скруббера для снижения выбросов ЛОС и для рекуперации сырья

е) использование сетчатых фильтров для удаления таких материалов как волокнистые полимеры

ф) наличие промежуточной емкости между установками для дегидратации и дистилляции для того, чтобы отделять материалы, которые могут вызывать биологическое обрастание следующей секции установки (т.е. печи и дистилляционной колонки), а также использование достаточного времени пребывания для прохождения дополнительной реакции с отработанным маслом. Осадок от этой реакции экстрагируется со дна бака и откачивается для хранения, где содержащееся обезвоженное масло можно отделить для повторного использования.

178

Достижимый положительный эффект

Возрастает эффективность регенерации отработанных масел. В отношении способа б) в описании выше, использование безмасляных вакуумных насосов не приводит к образованию загрязненной воды.

Воздействие на окружающую среду

Возрастает использование энергии или других энергоисточников. Использование паровых эжекторов в качестве вакуумной системы приводит к образованию загрязненной воды.

Эксплуатационные особенности

Работа безмасляных насосов может оказаться под воздействием (твердых) примесей.

Ограничения в применении

В ЕС уже имеется юридически обязательное предписание о содействии регенерации отработанных масел с получением базового масла.

Примеры установок

Выбросы в воздух частично контролируются на некоторых участках, а на других не контролируются.

### **3.4.1.2 Выбор отработанных масел для регенерации**

Описание

Отработанными маслами, пригодными для рециклинга, являются:

- (темные) моторные масла, которые имеют гомогенные характеристики и подходят для установок регенерации

- емные промышленные масла, потенциально пригодные для регенерации, но вследствие содержания добавок и других веществ обычно не предпочитают владельцами установок для регенерации

- легкие промышленные масла, которые относительно чистые. Их можно либо регенерировать на участке, либо повторно использовать для других целей. Их рынок весьма специфичен и не зависит от классических маршрутов поставки для рециклинга.

Достижимый положительный эффект

Улучшение качества исходного сырья может улучшить экологические характеристики установки, а также качества продукта. Разделенные отработанные смазочные масла могут иметь более высокую ценность утилизации в качестве топлива и как нового материала для регенерации. Если предотвратить поступление хлорированных соединений (например, растворителей или РСВ) в процесс регенерации, тогда можно избежать оперативных и экологических проблем.

Применимость

В одном отчете сообщается, что от 60 до 65% отработанных масел подходит для регенерации, хотя другие эксперты предполагают, что этот показатель составляет около 50%. Отработанные масла, которые в наибольшей степени пригодны для регенерации, это такие масла, которые не слишком сильно загрязнены и которые имеют высокий индекс вязкости и в которых отсутствуют сложные эфиры и биосмазки. (Темные) моторные масла составляют более 70% потока отработанных масел. Темные промышленные масла составляют около 5% всех отработанных масел, а на легкие промышленные масла приходится около 25%. Эксперты считают, что следующие отработанные масла должны подвергаться регенерации:

- моторные масла без хлора (EWL (Европейский перечень отходов) код: 130205)
- масла систем гидравлики без хлора (EWL код: 130110)
- не хлорированные минеральные диатермические масла (EWL код: 130306)
- машинные масла с хором (EWL код: 130204) – хотя только в определенных условиях (т.е. ограничение на содержание хлора или РСВ)
- масла систем гидравлики с РСВ (EWL код: 130101) - хотя только в определенных условиях (т.е. ограничение на содержание хлора или РСВ)
- масла систем гидравлики с хлором (EWL код: 130109 - хотя только в определенных условиях (т.е. ограничение на содержание хлора или РСВ).

Ограничения в применении

Экономические причины для производства продукта хорошего качества.

### ***3.4.1.3 Процесс дистилляции/очистки глиной***

Описание

См. Раздел 1.4.1.5.

Достижимый положительный эффект

Этот процесс потенциально оказывает значительное негативное воздействие на окружающую среду вследствие большого количества маслянистой глины, которую приходится размещать. Высокотемпературная активированная глина позволяет снизить отношение глины/маслу, таким образом, повысить общий выход и снизить количество депонируемой маслянистой глины. По сравнению с процессом с кислой глиной приходится депонировать меньше маслянистой глины.

Воздействие на окружающую среду

Плохое качество продукта и низкий его выход.

Ограничения в применении

Ожидается выход смазочного масла при этом процессе в районе 50% на сухой основе.

Примеры установок

Не идентифицировано ни одной установки.

#### ***3.4.1.4 Дистилляция и химическая переработка или экстрагирование растворителем***

Описание

Процесс состоит из серии вакуумных циклонных испарителей, после которых происходит химическая переработка полученных смазочных масел, загрязненных нефтью.

Достижимый положительный эффект

Ожидается, что выход смазочного масла в этом процессе находится в диапазоне от 65 до 70% на сухой основе. Адекватный выбор процесса может привести к удалению фактически всех РАН, например, с помощью использования экстракции растворителем. В некоторых процессах этого типа не образуются остатки, поскольку в них происходит преобразование остатков в продукты (например, производство удобрений за счет повторного использования реакционной воды).

Применимость

Рафинировочные установки средней производительности (примерно 25 тыс. т/год).

Экономика

Финансовая привлекательность. Инвестиционные затраты на установку с производительностью 108 тыс. т/год составили 29 млн. долл. США (1994 г.). Предположения: применяется вакуумная дистилляция плюс обработка глиной или химическая переработка, хранение: 15 дней и оборотные средства: 15 дней.

Примеры установок

Установка, спроектированная с использованием этого процесса, работает в Испании.

#### ***3.4.1.5 Процесс экстрагирования растворителем и дистилляции***

Описание

См. раздел 1.4.1.5. Процесс экстрагирования пропаном Interline, усовершенствованный компанией Seneg, состоит из трех стадий и не требуется финишная стадия:

- а) предварительная химическая обработка с реагентами и катализаторами
- б) экстрагирование жидким пропаном основных компонентов смазочного масла, отделение воды и асфальта
- с) атмосферная и вакуумная дистилляция для отделения легких фракций и базовых масел для смазочных масел.

Достижимый положительный эффект

В процессе не образуются твердые отходы. Химическая переработка получающейся фракции масла со смесью химикатов позволяет превратить органически связанный хлор в NaCl. После дальнейшей дистилляции все конечные продукты имеют пониженное содержание хлора (менее, чем 10 частей на млн.). В химическом реакторе удаляются загрязняющие вещества и, фактически, весь хлор снижается менее чем до 5 частей на млн.

Ограничения в применении

Заявленный выход смазочного масла для этого процесса составляет 79% на сухой основе. Еще в одном источнике заявлено, что выход, который предвидится поставщиками технологии, составляет 72-74% базовых масел и 21-22% асфальтов на сухой основе.

Применимость

Имеется возможность регенерации в районах с низким образованием отработанных масел, поскольку установка хорошо адаптирована к относительно небольшим производительностям (25-30 тыс. т/год).

Экономика

Сниженные капитальные и эксплуатационные затраты. Поставщики технологии заявляют, что этот способ позволяет снизить инвестиционные и эксплуатационные затраты, когда проводится сравнение с другими технологиями регенерации. Экономика процесса хорошо сбалансирована для установок с относительно низкой производительностью (25-30 тыс. т/год).

Примеры установок

Установка в Испании, работающая с 2000 г., продемонстрировала, что выбросы в воздух можно снизить путем направления удаляемых газов и газовой фазы установки для дистилляции в термический окислитель, где загрязняющие вещества окисляются при 850оС в течение времени пребывания 2 с.

### ***3.4.1.6 Пленочный испаритель и различные финишные процессы***

Описание

Вакуумная дистилляция (пленочный испаритель – TFE) является обычным компонентом многих установок для регенерации. В способе предусматривается применение механических уплотнений на торсионных валах в трубных пленочных испарителях.

Достижимый положительный эффект

Таблица 3.34 ДОСТИГАЕМЫЙ ЭФФЕКТ ТЕХНОЛОГИИ TFE ДЛЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Технология TFE вместе с	Выход (в %) (по отношению к поступлению для каждого вида деятельности)
Обработкой глиной	Общий выход 54-73%; обезвоживание 88-92%; TFE дистилляция 80-81%; вакуумная дистилляция 76%; обработка глиной 95%
Гидрообработкой	Высокое качество продукта. Заявленный лицензиаром выход смазочного масла в районе 72% на сухой основе. С двух существующих установок сообщили о выходе до 94-98%. Другие источники сообщают о следующем выходе: 88% обезвоживание; 84% TFE дистилляция; 86% гидроочистки дают общий выход 64%
Экстракцией растворителем	Общий выход в диапазоне 50-57%; 88-92% обезвоживание – дистилляция; 80-91% вакуумная дистилляция; 83-91% окончательная экстракция
Экстракцией растворителем и гидроочисткой	Общий выход 91% обезвоживание – дистилляция; 81% вакуумная дистилляция; 97% окончательная экстракция

#### Воздействие на окружающую среду

На установках TFE без дополнительной переработки получается масло темного цвета, которое годится для добавки к дизельному топливу, но не как базовое масло, пригодное для смешивания в смазке. Судя по сообщениям, могут существовать проблемы запаха.

#### Применимость

Производительность установок колеблется от 25 до 160 тыс. т/год.

#### Экономика

Инвестиции, необходимые для вакуумной дистилляции и установки для гидрообработки с производительностью 108 тыс. т/год составляют 43 млн. долл. США (1994 г.). Некоторые другие более недавние данные свидетельствуют, что удельные затраты на установку TFE с обработкой глиной с производительностью 100 тыс. т/год составляют 221 евро/т масла; удельные затраты на TEF с гидрообработкой с производительностью 50 тыс. т/год – 333 евро/т масла и удельные затраты на TFE с растворителем с производительностью 50 тыс. т/год – 308 евро/т масла.

#### Примеры установок

Установка в Ньюкасле (Австралия) и две установки в Германии (85 и 160 тыс. т/год, соответственно) используют эту технологию. В наличии имеется, по крайней мере, шесть различных коммерческих процессов.

### 3.4.1.7 Термический процесс деасфальтизации

#### Описание

Для получения большей информации о термической деасфальтизации (TDA) см. Раздел 2.4.1.5.

#### Достижимый положительный эффект

Заявленный лицензиаром выход смазочного масла на основе обезвоженного отработанного масла составляет 74% с окончательной обработкой глиной (97% обезвоживания со сливом горючего, 80% деасфальтирования, 96% доводки) на сухой основе.

#### Применимость

Этот процесс применяется на крупных установках с производительностью 100-180 тыс. т/год и на установках с производительностью 40-100 тыс. т/год для гидрообработки.

Экономика

Удельные затраты на установку TDA с обработкой глиной с производительностью 100 тыс. т/год составляют 280 евро/т масла и для TDA с гидропереработкой – 304 евро/т масла.

Примеры установок

Одна установка в Италии и две за пределами ЕС.

### **3.4.1.8 Рециклинг при очистке смазочных масел**

Описание

См. Раздел 1.4.1.5.

Достижимый положительный эффект

Ожидаемый выход по смазочному маслу с применением этого процесса находится в диапазоне 65-70% на сухой основе. При этой технологии повышается качество регенерированного масла при сравнении с существующими установками для регенерации, использующими колонну предварительного испарения, деасфальтирование и финишную обработку глиной. Помимо этого, заявленное качество масла даже выше в некотором отношении по сравнению с обычным минеральным маслом, производимым в таком же самом производственном режиме.

Экономика

В отношении к размещению установки наличие имеющейся некоторой инфраструктуры и другого оборудования должно, конечно, привести к снижению капитальных затрат. Трудно количественно определить любую экономию в связи с затратами на обслуживание и модернизацию, которые в любом случае неизбежно будут.

Капитальные затраты (на 1995 г.): 45 млн. долл. США. Предположения: производительность 108 тыс. т/год, хранение 15 дней и оборотный капитал 15 дней.

Пример установки

Метод недавно освоен как серийный в Германии.

### **3.4.1.9 Гидрообработка**

Описание

См. Раздел 1.4.1.4. Технология, которая рассматривается, включает в себя газоочистку (см. Раздел 4.6.10) или сжигание (см. Раздел 3.6.14) кислых отходящих газов от гидрообработки.

Достижимый положительный эффект

Гидрообработка является очень эффективным заключительным процессом, поскольку при ней:

- уменьшается количество или удаляются остающиеся металлы и неметаллы из отработанных масел
- снижается коксовое число по Конрадсону (измерение тенденции углеводо-

рода образовывать кокс)

- снижается содержание органических кислот и соединений, содержащих хлориды, серу и азот
- восстанавливаются цвет, ультрафиолетовые и термические свойства
- снижается содержание РАН при работе при высоком давлении и температуре
- имеется возможность получения индекса вязкости, равного или даже лучше, чем у исходного сырья.

Эксплуатационные особенности

Необходимо производство или покупка водорода. Предполагается, что гидрообработка не будет изменять содержание синтетического масла, уже находящегося в отработанном масле.

Ограничения в применении

При гидрообработке обычно повышаются риски безопасности (вследствие необходимости обращения с водородом под давлением и при повышенной температуре). Давление: 100 бар избыточного давления; температура: 340°C; катализатор: NiMo.

Экономика

Капитальные затраты для установки гидрообработки очень высокие. Некоторые примеры приведены в табл. 3.35

**Т А Б Л И Ц А 3.35 ЭКОНОМИКА УСТАНОВОК ДЛЯ ГИДРООБРАБОТКИ**

Установка	Затраты
Современная регенерация с гидрообработкой без сбора	4-47 евро/т <sup>1</sup>
Средние затраты на сбор в Европе	110 евро/т
Современная регенерация с гидрообработкой, когда включены затраты на сбор	63-106 евро/т
Автономная установка для жесткой гидрообработки	10 млн. евро
Автономная установка для жесткой гидрообработки, если устанавливается также установка Клауса, необходима установка для производства водорода, установка отпарки кислых стоков и установка аминной очистки	20 млн. евро
Установка с гидрообработкой на 108 тыс. т/год	65 млн. долл. США (1994 г.) <sup>2</sup>

<sup>1</sup> цена франко-завод (1994 г.), исходя из предположения внутренней ставки дохода 15% после выплаты налогов и оборотного капитала через 15 дней. В новом сообщении из Европы (2003 г.) приводятся сведения 300-333 евро/т

<sup>2</sup> экстракция растворителем и гидрообработка, хранение: 15 дней и оборотный капитал: 15 дней.

Ограничения в применении

Повышение качества продуктов.

Примеры установок

Гидрообработка является единственным видом процессов регенерации, одобренным Американским нефтяным институтом. Две установки для гидрообработки имеются в Италии (одна с жестким режимом гидрообработки, а другая – с умеренным режимом).

### **3.4.1.10 Процесс гидрирования с непосредственным контактом**

#### Описание

См. описание гидрирования с непосредственным контактом (DCH) в Разделе 1.4.1.5.

Достижимый положительный эффект

Некоторые преимущества способа включают в себя следующее:

- процесс является очень эффективным при отделении загрязняющих веществ из отработанных масел
- разрушаются галогенированные и кислородсодержащие соединения
- получаются чистые продукты (например, топлива с низким содержанием серы (<0,03% вес.)
- перерабатывается все отработанное масло в восстановительной атмосфере, что предотвращает образование полимерных и углеродистых побочных продуктов
- переработка дополняется каталитической обработкой для конвертации находящихся токсичных сульфидных соединений в нетоксичные сульфаты
- происходит рециклинг богатого водородом газа
- кислые газы, образующиеся в преобразовательном реакторе, нейтрализуются раствором каустической соды.

Воздействие на окружающую среду

Водород необходимо производить или покупать. Твердые материалы, требующие размещения, включают в себя отработанный катализатор, хлористый натрий и сульфат натрия. Получаются сточные воды с низким ХПК, без сульфидов и хлорорганических соединений и устойчивый тяжелый осадок, о котором декларируется как о пригодном для смешивания с асфальтом.

Экономика

Экономически привлекательны продукты с высоким качеством и повышенным выходом на тонну отходов.

Мотивация для применении

Возрастает качество производимого базового масла:

- с лучшим качеством и характеристиками, чем у исходных масел
- базовое масло группы II с низким содержанием серы и фосфора, низким содержанием ароматических соединений
- повышается индекс вязкости и устойчивость к окислению.

Примеры установок

Процесс гидрирования с непосредственным контактом был использован в промышленном масштабе после ввода в эксплуатацию первой установки в Германии в ноябре 2003 г.

### **3.4.1.11 Экстрагирование растворителем**

#### Описание

См. Раздел 1.4.1.4.

Достижимый положительный эффект

В результате процесса не образуется загрязненная глина как отход.

Воздействие на окружающую среду  
Только 98% растворителя регенерируется после экстракции базового масла.  
Применимость  
Полностью применимо в секторе.  
Экономика  
Дешевле, чем вариант гидрообработки.  
Примеры установок  
По крайней мере, одна установка, работающая в Германии.

#### **3.4.1.12 Обработка едким натрием и отбеливающей глиной**

Описание

См. Раздел 1.4.1.5.

Достижимый положительный эффект

В результате получается высокий выход смазочного масла. Производимое базовое масло имеет высокое качество (группа II) с более высоким выходом базовых масел, чем при других имеющихся технологиях. Проводится нейтрализация с обработкой кислотой и глиной. Только 25% глины и кислоты используется по сравнению с обычным количеством в процессе с глиной, обработанной кислотой.

Ограничения в применении

Использование едкого натрия.

Применимость

Применяется к отработанным маслам.

Экономика

Сообщается об экономической привлекательности в связи с получением продукта высокого качества и с более высоким выходом на тонну поступающих отходов.

Мотивация для применения

При этом способе повышается качество базового масла:

то же самое качество и характеристики, что у исходных масел базовое масло группы I с низким содержанием серы и фосфора, низким содержанием ароматических соединений

высокие индекс вязкости и стойкость к окислению.

#### **3.4.1.13 Обработка на нефтеперегонном заводе**

Описание

На нефтеперегонном заводе имеется два возможных варианта смешения:

Смешение с исходным сырьем (обычная сырая нефть)

Предварительно обработанное масло смешивается с сырой нефтью и смесь проходит через установку обессоливания перед тем, как она поступит на установку первичной переработки нефти на существующем нефтеперегонном заводе. В этом варианте отработанное масло проходит через все процессы рафинирования, а основная часть отработанного масла завершает свою жизнь в ку-

бовом продукте вакуумной колонны. Этот вакуумный остаток содержит большинство металлов и компонентов серы из отработанного масла. Его конечное использование зависит от завода.

#### Смешивание с вакуумным остатком

Предварительно обработанное отработанное масло используется в качестве дополнительного компонента, смешиваемого с кубовым продуктом рафинировочных установок завода. В этом варианте отработанное масло вряд ли будет поступать в какую либо рафинировочную установку завода. В смеси содержатся все металлы, хлориды и компоненты серы, имевшиеся в отработанных маслах.

Испытания показали, что большая часть металлов от отработанных масел попадает в асфальтовые остатки. Качество вакуумного газойля не изменяется, кроме слегка повышенного содержания хлора, и его можно считать пригодным для использования в каталитическом крекинге. Однако испытания также указывают, что необходима дополнительная предварительная обработка отработанного масла в колонне предварительного испарения для снижения содержания полиорганических хлоридов, которые не удаляются с помощью обработки в колонне предварительного испарения. В противном случае эти хлориды придется подвергать перегонке с легкими фракциями нефтепродуктов вакуумной колонны, что приводит к коррозии этой колонны и любого последующего оборудования для гидрообработки.

#### Достижимый положительный эффект

Наряду с использованием в качестве вторичного сырья для топлива способ позволяет снизить потребность в сырой нефти для всего комплекса. При этом обычно снижаются потребности в использовании некоторых компонентов для получения смазочных масел, поскольку для регенерации отработанных масел требуется меньше таких компонентов, чем при производстве исходных базовых компонентов, главным образом из-за меньшего содержания парафинов (поэтому требуется меньшая депарафинизация). Снижение выбросов оксидов серы незначительно.

#### Воздействие на окружающую среду

Возможное наличие органических хлоридов может привести к образованию слабой кислоты при гидрообработке, с последующими серьезными проблемами борьбы с коррозией и другими подобными проблемами. Обычная последовательность процесса рафинирования не связана с удалением всех металлов из отработанного масла, в результате чего остающиеся металлы могут отравлять катализаторы при каталитическом крекинге.

Помимо этого, на нефтеперегонных заводах можно смешивать отработанные масла с сырой нефтью без дальнейшей переработки и использовать в качестве вторичного сырья для топливных установок. Сжигание этого топлива может привести к повышенным выбросам SO<sub>2</sub> и металлов. В некоторых странах такие горелки для сжигания подобного топлива не оснащены системой очистки дымовых газов, поскольку для получения разрешений в этих отраслях промышленности применяется принцип пузыря<sup>9</sup> (см. BREF для нефте- и газопереработки).

<sup>9</sup> Принцип, разработанный EPA США, при котором все источники загрязнений на предприятии рассматриваются

#### Эксплуатационные особенности

Этот способ можно интегрировать в нефтеперерабатывающий комплекс. Смешивание отработанного масла с сырой нефтью как альтернатива не применяется, поскольку может появиться несколько технических проблем с отработанными маслами. Некоторыми примерами являются наличие металлов в отработанных маслах, которые могут отравлять слой катализатора на установке каталитического крекинга, и наличие органических хлоридов в отработанных маслах, которые могут стать причиной проблем коррозии, так как они преобразуются в слабую соляную кислоту на стадиях гидроочистки.

#### Применимость

Этот способ приводит к ухудшению качества получаемых продуктов при рафинировании минеральных масел. Это не соответствует, например, требованиям потребителей машинного масла для дизельных двигателей.

Техническая осуществимость способа не гарантируется, поскольку могут возникнуть серьезные технические и эксплуатационные проблемы.

#### Экономика

Приблизительные удельные затраты для отработанных масел без сбора составляют 27 евро/т (величина франко-завод (1994 г.) в предположении внутренней ставки дохода 15% после выплаты налогов и оборотного капитала 15 дней) и 83 евро при включении затрат на сбор (средние затраты на сбор составляют 110 долл. США/т в Европе). В отношении размещения установки при наличии некоторой инфраструктуры и другого оборудования капитальные затраты можно снизить. Количественно определить экономию затрат на обслуживание и модернизацию, которые могут быть необходимыми для использования этого ресурса, довольно сложно.

Инвестиционные затраты составили 11 млн. долл. США (1994 г.) со следующими предположениями: 120 тыс. т/год; хранение 15 дней и оборотный капитал – 15 дней.

Экономические преимущества связаны с синергией процесса, а также со снижением потребления сырой нефти и энергии. Согласно, интеграция установки для термического крекинга будет экономически предпочтительнее для нефтеперегонных заводов, чем интеграция установки для регенерации.

#### Ограничения в применении

Потенциально большие проблемы эксплуатации делают этот метод непригодным для операторов нефтеперегонных заводов.

#### Примеры установок

Процесс еще не имеет промышленного применения. Этот метод стал предметом пилотного исследования во Франции и в Канаде.

### **3.4.1.14 Регулирование водного режима на установках для регенерации отработанных масел**

#### Описание

*под неким колпаком с одним отверстием. Выдачу разрешений на выбросы из-под "колпака" дает EPA.*

Некоторые способы включают в себя:

а) обеспечение того, чтобы любые сточные воды (например, дистиллят от отработанных масел, технологическая вода, включая продувку щелочного скруббера) очищались перед сбросом

б) использование установки для очистки сточных вод (например, деэмульгатор и флокулянт, флокуляция и биологическая очистка, ультрафильтрация и микрофильтрация). Больше информации можно найти в Разделе 4.7

с) повторное использование очищенных сточных вод как охлаждающей воды путем применения подходящих очистных сооружений и получения продуктов на водной основе, которые могут быть повторно использованы за пределами установки

д) подключение сточных вод к нагревателю вместе с маслами для того, чтобы сжигать вредные составляющие.

Достижимый положительный эффект

Три примера о достигаемых показателях переработки приведены на рис. 3.6, 3.7, 3.8 и в табл. 3.36 и 3.37.

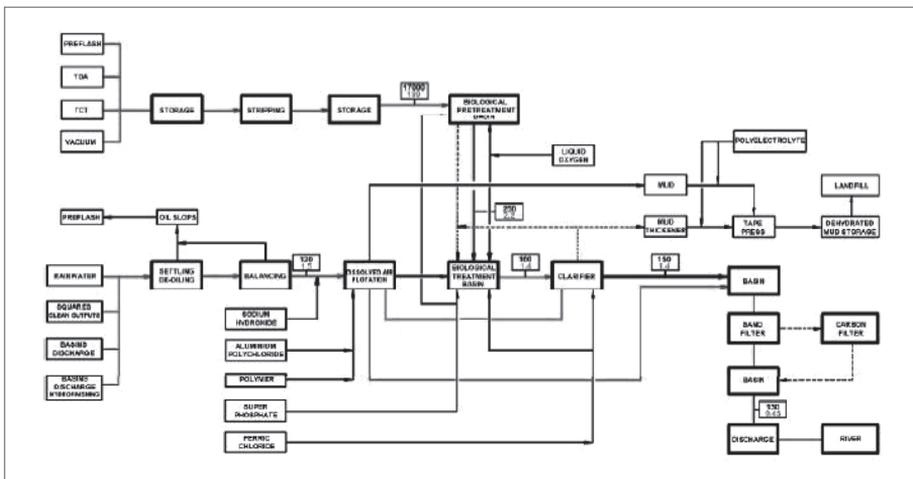


Рисунок 3.6 - Достижимые уровни в очистке сточных вод при использовании в процессе регенерации

Пояснения к рисунку:

PRE-FLASH – колонна предварительного испарения

TDA – термическое деасфальтирование

TCT – трихлортолуол

VACUUM – вакуум

RAINWATER – дождевая вода

SQUARES CLEAN OUTPUTS –

BASINS DISCHARGES – расходный резервуар

BASINS DISCHARGES HYDROFINISHING – расходный резервуар (сточные воды после гидрообработки)

STORAGE – хранение

OILSLOPS – некондиционные нефтепродукты



Пояснения к рисунку:

Vacuumdistillation – вакуумная дистилляция

Flashdistillation – однократная перегонка

Claytreatment – очистка глиной

Dewateringunit – установка для обезвоживания

Tank – бак

Waterphaseofemulsionbreakingunit – водная фаза установки для деэмульгирования

Oil separation – отделение масла

Distillate – дистиллят

Distillation multistage – многоступенчатая дистилляция

Top condensate (combustion) – верхний конденсат - сжигание

StrippingHPSteam – отгонка паром высокого давления низкокипящих фракций

Contaminated surface water – загрязненные поверхностные воды

Precipitation flocculation – осаждение флокуляцией

Flotation – флотация

Sludge (combustion) – осадок

Aerobic biology – аэробная биологическая обработка

Biologicalsludgeagriculture – активный ил для сельского хозяйства

CommunityWWT – муниципальные очистные сооружения

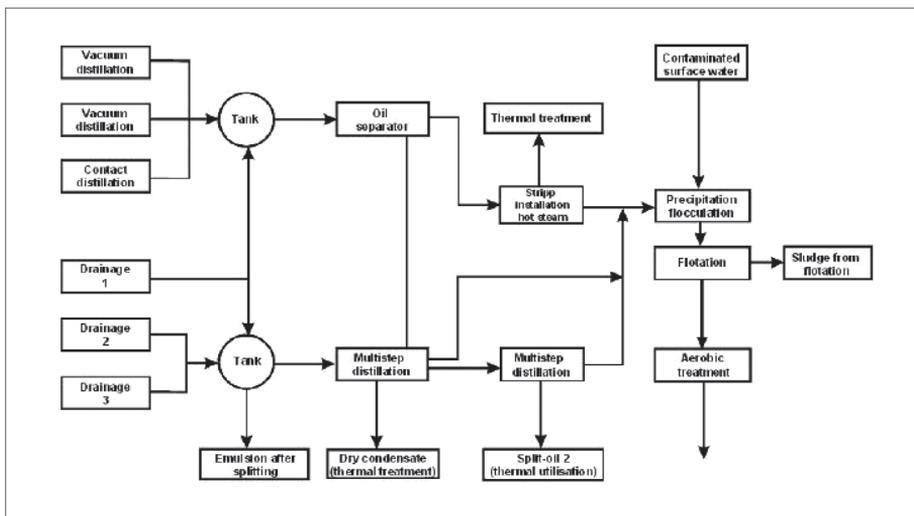


Рисунок 3.8 - Очистка сточных вод, используемая на установке для переработки отработанных масел

Пояснения к рисунку:

Vacuumdistillation – вакуумная дистилляция

Contact distillation – контактная перегонка

Drainage – дренаж

Tank – бак

Effluent after splitting – стоки после расщепления

Oil separator – масляный сепаратор

Multistep distillation – многоступенчатая дистилляция

Dry condensate (thermal treatment) – сухой конденсат (термическая обработка)

Stripp installation hot steam – установка для десорбции паром

Split-oil 2 (thermal utilization) – расщепление нефти (тепловое использование)

Contaminated surface water – загрязненные поверхностные воды

Precipitation flocculation – осаждение флокуляцией

Flotation – флотация

Aerobic treatment – аэробная обработка

Sludge from flotation – осадок после флотации

Параметры в табл. 3.37 можно достигнуть при использовании установок для очистки сточных вод, представленных на рисунках.

**Таблица 3.36 СОСТАВ РАЗЛИЧНЫХ СТОКОВ НА ВХОДЕ И ВЫХОДЕ РАЗЛИЧНЫХ ПОТОКОВ НА УСТАНОВКАХ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ПРИМЕНИТЕЛЬНО К РЕГЕНЕРАЦИИ ОТРАБОТАННЫХ МАСЕЛ**

Параметр	Отделение осаждения/флокуляции (мг/л)	Биологическое отделение (мг/л)	Сливная труба после биологической очистки (мг/л)
ХПК			200-500
ТОС	1800-3500	1300-2200	60-150
Нитритный азот	-	1-20	<0,1-1,0
Общий азот		80-280	10-60
Общий фосфор		1-15	2,0-5,0
АОХ		0,1-0,4	<0,10-0,25
Углеводороды	50-300	<1,0-10	<0,1-2,0
Бензол и производные		0,01-0,03	<0,01
Фенольный индекс		1-50	<0,2
Pb	<0,05-0,06	<0,05	<0,05
Cd	<0,02	<0,02	<0,02
Cr	<0,02-1,0	<0,02	<0,02
Fe	1-10	1-20	1-10
Cu	<0,02-0,2	<0,02-0,1	<0,02-0,1
Ni	<0,02-0,5	<0,02-0,3	<0,02-0,1
Zn	<0,1-1,0	<0,1-0,1	<0,1

**Таблица 3.37 ДОСТИЖИМЫЕ УРОВНИ В СТОКЕ ПОСЛЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ДЛЯ УСТАНОВОК ПЕРЕРАБОТКИ ОТРАБОТАННЫХ МАСЕЛ**

Параметры сточных вод	Значение (частей на млн.)
Углеводороды	<0,01-5
ХПК	20-400*
Фенолы	0,15-0,45

\* Значение 400 может быть достигнуто без разбавления очищенных сточных вод другими потоками воды

Воздействие на окружающую среду

На сооружениях для очистки сточных вод обычно происходят выбросы ЛОС и аммиака.

Ограничения в применении

Биологическая очистка является рассматриваемым параметром, однако, показатели ее надежности довольно низкие. Ежедневный мониторинг сбросов в канализацию включает в себя мониторинг уровней аммиака, но не общего азота. Не проводится мониторинг уровней фосфора.

Примеры установок

Биологическая часть установок для утилизации масел в Соединенном Королевстве состоит из четырех аэрационных установок в виде емкостей для очистки водного слоя от очищаемого масла, а также полигонного фильтрата. Существуют некоторые процессы регенерации, в которых не образуются сточные воды для внешней очистки. Эти системы используют всю воду, содержащуюся в отработанных маслах (например, использование очищенной воды в качестве охлаждающей жидкости или при производстве удобрений).

#### **3.4.1.15 Обращение с отходами на установках для регенерации отработанных масел**

Описание

Некоторые способы включают в себя:

- а) сжигание не смазочных утилизируемых масел в нагревательном устройстве, оснащённом газовым скруббером для повышения энергетического выхода установки
- б) переработка и размещение всех отработанных фильтров
- с) применение термической переработки для всех остатков
- д) использование остатков от вакуумной дистилляции и испарителей в качестве продукции для производства асфальта.

Достижимый положительный эффект

Снижается количество остатков, образующихся при переработке.

Мотивация для применения

Снижение образования отходов.

Примеры установок

Обычно используются на объектах регенерации отработанных масел.

### **3.4.2 Отработанные растворители**

#### **3.4.2.1 Выбор отработанных растворителей для рециклинга**

Описание

Отработанные растворители, состоящие из монопоточков, обычно регенерируются. Отработанные растворители можно считать подлежащими регенерации, если:

- это монопоточек (одна партия от одного производителя отходов)
- производится минимум 60% дистиллята

- имеется определенное минимальное количество для загрузки
- затраты на дистилляцию те же самые или ниже, чем для сжигания.

Достижимый положительный эффект

Удается избежать проблем окружающей среды при использовании установки. С помощью дистилляции отработанные растворители разделяются на повторно используемый растворитель и не используемый осадок дистилляции.

Применимость

Нехлорированные растворители, CFC и халоны<sup>10</sup>.

### **3.4.2.2 Усовершенствование обработки отработанных растворителей с помощью регенерации**

Описание

Некоторые способы включают в себя:

- а) применение азеотропной дистилляции
- б) применение вакуумной дистилляции
- в) использование пленочных испарителей
- г) нагрев потока поступающего материала с дистиллятом с помощью теплообменника и мер теплоизоляции
- д) применение последовательного повторного использования растворителя (т.е. когда растворитель используется один раз при высококачественной очистке, а затем используется снова для другой очистки или для других операций, для которых не требуются чистые растворители)
- е) использование компенсационных систем улавливания паров и направление отходящих газов в системы ослабления загрязнения окружающей среды (например, фильтрация активным углеродом, закрытые системы и использование уравнительных паровых линий в течение загрузки). Эффективность удаления загрязнителей с помощью фильтра из активированного угля составляет, по крайней мере, 90%
- ж) использование дистилляции для отделения органических растворителей от твердых частиц
- з) использование очистки для удаления загрязняющих веществ и достижения определенного качества отходов после переработки
- и) обезвоживание с помощью отстойника, если в растворителе содержится вода.

Достижимый положительный эффект

Улучшение отделения отработанных растворителей и эффективное их использование. Потребление энергии при дистилляции можно снизить (например, в способах б)-д), описанных выше). Достижимы значения выбросов в 50 мг СО/нм<sup>3</sup> в отходящих газах после обработки, упомянутой в способе ф), описанном выше).

Воздействие на окружающую среду

Дистилляция отработанных растворителей связана с образованием вы-

<sup>10</sup> Галоидированные алканы, группа химических соединений, состоящих из алканов со связанными галогенами.

бросов углеводородов в воздух и сбросом сточных вод, которые необходимо очищать.

#### Эксплуатационные особенности

Использование компенсационных систем улавливания паров при загрузке растворителя обычно проводится для снижения неорганизованных выбросов ЛОС (например, в Германии). Отходящие газы обычно очищаются с помощью адсорбции на активированном угле. Применение последовательного повторного использования растворителей можно модернизировать путем использования растворителей в открытых устройствах, и, например, для очистки машинного оборудования или устройств для нанесения покрытий. В таких случаях необходимо знать определенный состав смеси растворителей, при этом растворители не должны содержать летучие органические соединения, которые признаны как вызывающие риск для здоровья человека.

#### Применимость

Способ дистилляции применим ко всем регенеративным растворителям и смазочно-охлаждающим смесям. Производительности установок варьируются от 2 до 60 тыс. т/год.

Азеотропная дистилляция обычно используется для повышения утилизации растворителя. Азеотроп или азеотропная смесь является смесью жидкостей, которые ведут себя как одно вещество при кипении (т.е. как пар, так и жидкость имеют тот же самый состав). Азеотропная дистилляция состоит из добавки вещества (обычно пара) для образования азеотропной смеси с растворителем, подлежащим рециклингу. Азеотропная смесь должна иметь более низкую точку кипения, чем исходная смесь, и, таким образом, будет облегчена утилизация растворителя.

Вакуумная дистилляция предназначена для обращения с растворителями с более высокой точкой кипения (выше 200°C).

#### Ограничения в применении

Некоторые органические растворители являются особенно опасными соединениями для здоровья человека. Некоторые ограничения (например, закрытые установки) упомянуты в Директиве 1999/13/ЕС.

Предпочитается порядок для обращения с отходами в соответствии с Рамочной директивой по отходами и 6-й Программой действий ЕС в области окружающей среды.

#### Примеры установок

Регенерация N-метил-2-пирролидон (NMP), используемого в электронном машиностроении.

### **3.4.2.3 Очистка сточных вод на установках с отработанными растворителями**

#### Описание

См. Раздел 3.7. Некоторые способы, которые используются на установках с отработанными растворителями, включают в себя десорбционные установки

для очистки сточных вод, биореакторы, основную емкость для сточных вод, емкость для промежуточного хранения сточных вод и установки для ультрафильтрации.

Достижимый положительный эффект

Характеристики стоков после очистки приведены в табл. 3.38:

**Таблица 3.38 ХАРАКТЕРИСТИКИ СТОКОВ НА УСТАНОВКЕ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД НА ОБЪЕКТЕ ДЛЯ РЕГЕНЕРАЦИИ ОТРАБОТАННЫХ РАСТВОРИТЕЛЕЙ**

Соединения	Среднее значение	Единицы
Цвет	-	
Запах	-	
pH	8,7	
Электропроводность	989	мСм/см
Общий фосфор	0,46	мг/л
Азот общий	32,9	мг/л
ХПК	18	мг/л
БПК5	<3	мг/л
Sb	<0,01	мг/л
Pb	<0,010	мг/л
Cd	<0,002	мг/л
Cr общий	<0,002	мг/л
Co	0,006	мг/л
Ni	<0,002	мг/л
Zn	0,02	мг/л
Легко летучие галогенированные углеводороды	4	мкг/л
АОХ	320	мкг/л
Примечание: данные от 2002 г.		

Воздействие на окружающую среду

См. Раздел 3.7.

Эксплуатационные особенности

См. Раздел 3.7.

Применимость

См. Раздел 3.7.

Экономика

См. Раздел 3.7.

Ограничения в применении

См. Раздел 3.7.

Примеры установок

Установки для переработки отработанных растворителей обычно оснащены оборудованием для очистки сточных вод.

### **3.4.2.4 Испарение остатков дистилляции**

#### Описание

Вакуумная сушилка и другие способы сушки используются для осадков от дистилляции.

Достижимый положительный эффект

Улучшение утилизации растворителей и минимизация отходов.

Процентный рост утилизируемого растворителя. Утилизация 99% содержащихся растворителей. Это может снизить общую концентрацию растворителя приблизительно в десять раз. Можно утилизировать также смолы и красители. В то же самое время можно снизить запахи и выбросы ЛОС, которые могут образовываться от остатков.

Эксплуатационные особенности

Для эксплуатации таких систем необходима энергия (тепловая и электрическая). Имеются системы для переработки до 4000 тонн остатков дистилляции в год. Исходя из этого, возможно получить от 1500 до 2000 тонн растворителей в год. Удельное потребление энергии для нагрева составляет 0,1 кВтч/кг. Разделение нагревательной и охлаждающей зон облегчает эффективный контроль температуры продукта.

Применимость

Нет необходимости иметь много места, и способ легко применим на существующих установках. Это относится к остаткам дистилляции растворителей для красок, полимерам, эластомерам, фармацевтическим продуктам и пищевым продуктам. Для многих типов отходов возникают ЛОС. Очевидными примерами являются отработанные масла и растворители. Например, при дистилляции донного остатка может иметься значительная концентрация растворителя, которая, если материал был в жидкой форме, может оказаться пригодной для утилизации.

Экономика

Инвестиционные затраты составляют 1,2 млн. евро. Эксплуатационные затраты колеблются от 100 до 150 евро за тонну перерабатываемых остатков.

Ограничения в применении

Твердый остаток, который образуется, должен обрабатываться. ЛОС выбрасываются в атмосферу после очистки перед выбросом.

Примеры установок

По крайней мере, в мире имеется шесть установок, в которых используется эта система. По крайней мере, четыре имеется в ЕС. Для дистилляции донного остатка имеются способы сушки в Соединенном Королевстве.

### **3.4.2.5 Полная автоматизация сжигания остатков**

#### Описание

На установке для дистилляции растворителей оптимизирован сброс остатка от дистилляции. По причинам безопасности рабочих и окружающей среды процесс сброса в настоящее время полностью автоматизирован. Вследствие высо-

кой теплотворной способности перемещение осадка на собственную установку для сжигания полностью автоматизировано.

Достижимый положительный эффект

Утилизация остатков переработки отработанных растворителей.

Применимость

Этот способ квазисухого сброса, при котором не обязательно должен быть адекватный раствор в случаях, когда процесс оптимизирован в целом.

Примеры установок

Установка для дистилляции растворителей находится в Мюнхене (Германия).

### **3.4.3 Отработанные катализаторы**

#### **3.4.3.1 Общие способы, используемые при переработке отработанных катализаторов**

Описание

Некоторые способы включают в себя:

а) применение утилизации тепла в форме выработки электроэнергии или рекуперации. С этой целью для утилизации тепла можно использовать рекуперативные горелки, теплообменники и котлы. Может генерироваться пар или электроэнергия для использования за пределами участка, например, для процесса подогрева или сжигания газового топлива

б) использование кислорода или воздуха, обогащенного кислородом, или кислорода в горелках

с) предварительный подогрев воздуха, используемого в горелках

д) предварительный подогрев материала, загружаемого в печь

е) автоматический контроль места удаления с использованием воздушных клапанов и контроля вентиляторов с тем, чтобы системы использовались там, где они необходимы, в течение загрузки или в течение "выкачивания" конвертера.

Достижимый положительный эффект

Получение тепловой и электрической энергии является важным фактором в этой отрасли вследствие высокой доли затрат, которые приходится на энергию.

Использование воздуха, обогащенного кислородом, или кислорода в горелках снижает общее потребление энергии за счет того, что обеспечивается полное сжигание углеводистых материалов. В то же самое время объемы отходящих газов значительно снижаются, что позволяет использовать меньшей мощности вентиляторы и т.д.

Преимущества предварительного подогрева воздуха для сжигания в горелках, хорошо подтверждены документально. Если используется подогрев воздуха до 400°C, имеется рост температуры факела на 200°C, в то время как подогрев происходит до 500°C, температура факела возрастает на 300°C. Альтернативой подогреву воздуха для сжигания является предварительный подогрев материала, загружаемого в печь. Теория показывает, что можно достичь 8% экономии энергии на каждые 100°C предварительного подогрева, и на практике утвержда-

ется, что предварительный подогрев до 400°C приводит к экономии 25% энергии, в то время как подогрев до 500°C приводит к экономии 30% энергии.

#### Применимость

Способ, используемый для утилизации тепла, изменяется от участка к участку, в зависимости от количества факторов, таких как потенциальное использование получаемой тепловой и электрической энергии на участке или вблизи участка, объема переработки и возможности того, что газы или их составляющие будут засорять, или осаждаться на теплообменниках.

Многие способы, предназначенные для утилизации энергии, относительно легко совершенствуются, но иногда могут быть некоторые проблемы с отложениями металлических соединений в теплообменниках. Хорошая конструкция основана на надежных знаниях о выделяемых соединениях и их поведении при различных температурах. Используются также механизмы очистки теплообменников для поддержания их термического КПД.

### 3.4.3.2 Повышение управляемости процессом

#### Описание

Некоторые способы включают в себя:

- а) регулирование уровней температуры и времени пребывания катализатора в установке для того, чтобы достичь желаемых уровней углерода и серы
- б) применение охлаждения перед установкой рукавного фильтра
- в) использование газоплотных печей, которые могут позволить достичь очень высокой эффективности использования факела
- д) использование дымоходов и дымососов для перемещения собранных газов на газоочистку от загрязнений. Для обеспечения скорости экстрагирования, которая пригодна для изменяющихся условий, (таких как объем газа), с минимальным потреблением энергии, используются вентиляторы с регулируемой скоростью
- е) наличие правильного регулирования температуры в течение процесса регенерации
- ф) планирование времени пребывания в устройстве для предварительного подогрева (порядка нескольких минут), для минимизации истирания, обычно связанного с процессами с кипящим слоем
- г) применение технологии определения размеров (т.е. длины уклона) после регенерации. Технология сортировки по длине позволяет удалять короткие частицы катализатора (обычно те, длина которых в 1,5-2 раза больше диаметра), которые не могут быть удалены с помощью обычной очистки. Например, сортировка по длине, установленная для принятия только относительно небольших фракций, для повышения средней длины на 0,1-0,2 мм без сбрасывания слишком большого количества материала.

Достижимый положительный эффект

Улучшение контроля процесса и эффективности способов борьбы с загрязнением воздуха. Эффективность сбора зависит от эффективности кожуха, це-

лостности дымоходов и от использования правильной системы регулирования давления/расхода.

Эксплуатационные особенности

Применение охлаждения процесса перед установкой рукавного фильтра является важным приемом, так как обеспечивает температурную защиту фильтра и позволяет применять более широкий выбор ткани. Иногда возможно утилизировать тепло на этой стадии. Температура газов после теплообменника может находиться в диапазоне от 200 до 450°C. Второй теплообменник снижает температуру газа до 130°C перед рукавным фильтром. За теплообменниками обычно следует циклон, который удаляет более крупные частицы и действует как искрогасящее устройство.

Ограничения в применении

Требования к продукту.

### **3.4.3.3 Способы борьбы с загрязнениями, используемые в секторе регенерации отработанных катализаторов**

Таблица 3.39 СПОСОБЫ БОРЬБЫ С ЗАГРЯЗНЕНИЯМИ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ НА УСТАНОВКАХ ДЛЯ РЕГЕНЕРАЦИИ ОТРАБОТАННЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ

Способ борьбы с загрязнением	Место, где применяется	Раздел документа, в котором анализируется способ
Рукавный фильтр	Выход из печи	4.6.5
Мокрый скруббер	Выход из печи	4.6.11

200

### **3.4.4 Активированный уголь**

#### **3.4.4.1 Выбор печи, используемой для регенерации отработанного активированного угля**

Описание

В качестве варианта используются "многоподовые печи", "вращающиеся пламенные печи прямого действия" и "печи с косвенным нагревом" (в которых нет контакта между содержимым печи с дымовыми газами, образующимися в горелке).

Достижимый положительный эффект

Многоподовая печь обладает значительными преимуществами по сравнению с другими типами печей с точки зрения эффективности регенерации, поскольку температура каждого пода может контролироваться независимо. Направление движения отходящих газов может быть параллельным или противоточным с потоком угля. В некоторых конструкциях может быть установлена камера дожигания на уровне "нулевого" пода. Многоподовые печи демонстрируют лучший массоперенос и обладают лучшими характеристиками регулирования температуры, чем вращающиеся печи. Время пребывания угля в такой печи обычно составляет от одного до двух часов. Потери угля по весу могут достигать 10%.

Вращающиеся печи прямого действия могут работать с потоком угля либо параллельным, либо противоточным к потоку воздуха для горения. В случае противоточного режима работы выходящие газы, покидающие печь, имеют более высокую температуру, чем в случае режима работы с параллельными потоками, что дает возможность конструирования камеры дожигания с менее жесткими критериями и в то же время подвергать деструкции газообразные загрязняющие вещества.

Печи косвенного нагрева обладают преимуществами, связанными с тем, что нет необходимости смешивания газов, выходящих из горелки с продуктами сгорания. Пониженный объем газа, требующегося для нагрева, дает экономию энергии и позволяет экономить на размере оборудования для борьбы с выбросами загрязняющих веществ. Газы, выходящие из горелки, которые позволяют осуществлять косвенный нагрев печи, затем направляются к основанию дымовой трубы, где их можно объединить с выходящими газами из печи для снижения видимости выходящего дыма. Этот метод дает возможность иметь преимущество, связанное с более высоким парциальным давлением пара в печи, благодаря чему, вероятно, снижается образование оксидов азота. Кроме того, это может привести к образованию галогенидов, а не элементарных галогенов, что предпочтительнее так как галогениды легче удаляются с помощью расположенных далее систем газоочистки.

#### Эксплуатационные особенности

Благодаря отсутствию открытых металлических поверхностей, вращающиеся печи могут работать при более высоких температурах, чем многоподовые печи. Потери угля во вращающихся печах могут быть порядка 5-15% по весу. Особое внимание необходимо уделять уплотнениям между вращающейся печью и торцевыми плитами для предотвращения любых утечек газов и твердых частиц. Неорганизованные выбросы из этой области обычно контролируются при работе печи с помощью небольшого разрежения (понижение давления).

Печи косвенного нагрева обычно конструируются с использованием металлической трубы, и они вряд ли годятся для промышленных применений вследствие проблем коррозии, которые могут возникнуть при переработке некоторых видов промышленного угля.

#### Применимость

Применение печей косвенного нагрева обычно связано с переработкой промышленных видов угля, когда для камеры дожигания можно использовать повышенные температуры.

#### Примеры установок

Концепция печи с косвенным нагревом становится более распространенной. Печи с инфракрасным нагревом являются относительно новыми в применении. Они применяются главным образом в США. Их работа характеризуется наличием инфракрасных элементов и косвенным нагревом угля. В результате удается избежать образования продуктов сгорания, благодаря чему потребуются меньшие объемы воздуха, которые необходимо очищать в системе подавления загрязняющих выбросов. Эти печи, однако, имеют ограниченную максималь-

ную производительность примерно в 1000 т/год.

Имеется пример только одной вращающейся печи косвенного нагрева в Европе (в Соединенном Королевстве), и она, скорее всего, в настоящее время не работает.

Установка для регенерации активированного угля, расположенная на участке питьевой воды, использует многоподовую печь: установка состоит из бункеров для хранения отработанного и восстановленного угля, отдельную систему транспортирования отработанного и восстановленного угля к печи и из печи. Установка также имеет систему транспортирования к водопроводным сооружениям для переработки угля с этого участка. Отработанный и восстановленный уголь транспортируется с других участков с использованием цистерн.

#### **3.4.4.2. Очистка дымовых газов**

Описание

Некоторые способы включают в себя:

а) использование камеры дожигания для газов, покидающих печь. Камера дожигания должна все время находиться в работе, когда в печи находится уголь

б) конструирование регенератора, соответствующего газохода и оборудования для работы при пониженном давлении для того, чтобы предотвратить выброс газов регенератора в атмосферу

в) применение утилизации тепла. Обычно это связано с использованием газо-газовых теплообменников, которые дают возможность подогреть воздух для горения и повторно нагревать дымовые газы. Можно также использовать котел-утилизатор для генерации пара, который также используется для восстановления углерода

г) охлаждение дымовых газов с помощью секции резкого охлаждения или трубы Вентури

д) использование водного или щелочного скруббера. Можно также использовать способы абсорбции распылением. Необходимо обеспечить контроль pH раствора в скруббере

е) направление дымовых газов в дымовую трубу с помощью дымососа с частичным повторным нагревом дымовых газов

ж) использование либо мокрых либо сухих электрофильтров, скрубберов Вентури или рукавных фильтров. Маловероятно, что инерционные сепараторы, например, циклоны, если они используются отдельно, обеспечат низкие значения выбросов.

Достижимый положительный эффект

Снижение выбросов образующихся дымовых газов. Распылительная сушилка с последующим рукавным или керамическими фильтрами дает дополнительное преимущество в том, что имеется возможность реакций нейтрализации между уловленными твердыми остатками и потоком отходящих газов. Это может привести к снижению потребностей в щелочи для распылительной сушилки на 10-15% по сравнению с мокрым скруббером.

В табл. 3.40 показаны достижимые уровни для ключевых веществ в контексте соответствующего процесса.

Таблица 3.40 КРИТЕРИИ ВЫБРОСОВ В ВОЗДУХ

Вещество	Достигаемые уровни (мг/м <sup>3</sup> )
Общее количество твердых частиц	20
Хлорид водорода	30
Диоксид серы (как SO <sub>2</sub> )	50
Оксиды азота (как NO <sub>2</sub> )	350
Монооксид углерода (измеренный после последней инъекции воздуха)	50
ЛОС (как С) (за исключением твердых частиц)	20
Диоксины и фураны (Международный эквивалент токсичности – ПТЕQ)	1 нг/м <sup>3</sup>
Примечание: приведенные концентрации не для непрерывного мониторинга	

### Эксплуатационные особенности

Регенератор включает в себя камеру дожигания, которая оснащена и работает таким образом, чтобы в отходящих газах, образующихся в результате регенерации, повышалось содержание угля после последней инъекции воздуха. Процесс контролируется, позволяя избежать наиболее неблагоприятных условий до температуры 850°C, измеренной на внутренней стенке камеры сгорания. Такую температуру необходимо поддерживать, по крайней мере, две секунды при наличии 6% объемн. кислорода в сухом газе, при измерении на выходе из камеры дожигания. Для угля, который использовался в промышленных применениях, в котором вероятно должны находиться галогенированные или другие термостойкие вещества, температура обычно повышается, по крайней мере, до 1100°C. Однако при некоторых обстоятельствах, не определенных TWG, возможно достижение эквивалентного эффекта с менее жесткими условиями (некоторая общая информация имеется в BREF по сжиганию отходов).

### Применимость

Дымовые газы либо из многоподовой печи, либо из вращающейся печи обычно подвергаются сходному режиму очистки. В случае вращающихся печей с параллельным движением потоков возможно достижение тех же самых условий без камеры дожигания.

Очистка дымовых газов зависит от применения, которое характерно для угля, и от природы топлива, используемого для отопления печи и камеры дожигания. Оборудование, описанное выше, обычно может использоваться для угля, применяемого при очистке питьевой воды и для пищевых применений. Для угля, используемого для промышленных применений, могут потребоваться более жесткие меры борьбы с загрязняющими веществами.

Оборудование для очистки отходящих газов может изменяться в зависимости от применения, для которого используется уголь. Уголь, используемый для промышленных применений, требует более жестких условий утилизации. В этих случаях может потребоваться дополнительная химическая очистка для

достижения желаемых разрешенных уровней выбросов. Это может быть также необходимо на стадии после регенерации с целью поддержания температуры, по крайней мере, на уровне 1100оС со временем пребывания в топочном пространстве не менее двух секунд при наличии, по крайней мере, 6% кислорода и для сухого газа, для обеспечения полного окисления некоторых жаростойких соединений.

Ограничения в применении

Способ f) в описании выше требует повторного нагрева дымовых газов. В определенных местных обстоятельствах и вследствие визуальных проблем (например, подавление видимого дыма) иногда для способов с) и f) требуются разрешения компетентных органов.

### 3.4.4.3 Установки для очистки сточных вод

Описание

Эти процессы нуждаются в системе для очистки сточных вод, образующихся на установках по очистке дымовых газов. Некоторые способы включают в себя:

а) применение двухстадийного осаждения гидроксида при различных значениях рН

б) использование осаждения сульфидов для удаления металлов

с) использование флокуляции, осаждения, фильтрации или центрифуг для отделения взвешенных частиц. Может быть также необходимой стадия предварительной химической или физической обработки для взвешенных твердых частиц и улучшения отделения

д) корректировка рН для содействия осаждению определенных химических веществ и для достижения приемлемых стоков

е) использование природных цеолитов, ионообменных смол, активированного угля и способов обратного осмоса для удаления вредных примесей (например, пестицидов). Возможна также концентрация с помощью испарения

ф) применение биологической очистки для снижения БПК5, фенолов, цианидов и аммиака.

Достижимый положительный эффект

В табл. 3.41 приведены вышеуказанные уровни выбросов для ключевых веществ в контексте соответствующих процессов.

**Т А Б Л И Ц А 3.41 ДОСТИЖИМЫЕ ЗНАЧЕНИЯ СБРОСОВ В ВОДУ**

Вещество	Достижимое значение1	Единицы
ХПК		
Взвешенные твердые частицы	502	мг/л
Кадмий	53	мкг/л
Ртуть	1-10	мкг/л
Другие тяжелые металлы	<0,5	мг/л
Диоксины и фураны, ПАХ и др. органика		

Вещество	Достижимое значение <sup>1</sup>	Единицы
Симазин	14	мкг/л
Атразин	14	мкг/л

Примечания:

- 1 Приведенные уровни представляют средневзвешенную среднемесячную концентрацию
- 2 С помощью седиментации или осаждения. Более низкие уровни могут быть достигнуты с помощью фильтрации, при необходимости, в зависимости от приемных вод и уровня загрязнения другими загрязняющими веществами
- 3 С помощью осаждения и фильтрации, которые, как можно ожидать, достигают 70% снижения. Последующая обработка на установке биологической очистки позволяет снизить уровни ниже уровня определения
- 4 Для сточных вод от угля следовые количества пестицидов могут выщелачиваться из гранулированного активированного угля (ГАС) в сточных водах перед сбросом в канализацию. Многие установки для регенерации ГАС оснащены небольшими фильтрами ГАС на выходе в канализацию в качестве меры предосторожности.

Применимость

Применимо к стокам от закалки или очистки дымовых газов.

Примеры установок

В секторе имеется много примеров.

#### 3.4.4.4 Способы контроля загрязнений, применимые для регенерации активированного угля

Таблица 3.42 ПРИМЕНИМОСТЬ СПОСОБОВ ПРИ РЕГЕНЕРАЦИИ АКТИВИРОВАННОГО УГЛЯ ДЛЯ ОЧИСТКИ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ

205

Способы контроля загрязнений для подавления выбросов твердых частиц и кислых газов	Применимость для регенерации активированного угля
Первичные меры для удаления твердых частиц	Температура в печи Скорость поворота вращающейся печи Тип топлива
Вторичные меры для удаления твердых частиц и кислых газов	Механические коллекторы Мокрые скрубберы Сухой скруббер Электрофильтр (ESP) Рукавные фильтры
Способы контроля загрязнений для подавления выбросов твердых частиц и кислых газов	Применимость для регенерации активированного угля
Первичные меры для удаления NO <sub>x</sub>	Снижение температура печи и сжигания Снижение уровня избыточного воздуха и, таким образом, снижение концентрации атомарного кислорода в зонах с более высокой температурой Снижение времени пребывания во всех районах с высокой температурой Контроль уровня теплового напряжения печи и устранение пиков высокой температуры Рециркуляция дымовых газов (FGR) Ступенчатая подача воздуха Ступенчатое сжигание топлива Тепловая изоляция печи Подача в печь вторичного (холодного) воздуха Снижение отношения воздуха/топливу

Вторичные меры для удаления NOx	Селективное каталитическое восстановление (SCR) Селективное не каталитическое восстановление (SCNR) Процесс DESONOX (контроль выбросов оксидов серы и азота) Процесс SNOX (контроль выбросов SO <sub>2</sub> , SO <sub>3</sub> , NO <sub>x</sub> ) Процесс EDTA-хелаты (комплексобразующие соединения ЭДТА) SO <sub>x</sub> NO <sub>x</sub> ROxBOX (углубленный слой оксидов)
---------------------------------	--

### 3.4.5 Регенерация смол

#### 3.4.5.1 Способы регенерации смол

Описание

Некоторые способы включают в себя:

- a) применение системы балансирования pH
- b) применение регенерации в горячей воде.

Достижимый положительный эффект

Повышение уровня регенерации смол. Альтернативное использование тепла (например, горячей воды) для регенерации смол потенциально приводит к снижению объема стоков и требует меньше энергии, в особенности когда используется утилизированное тепло регенерируемой жидкости.

Применимость

Регенерация в горячей воде возможна только для термостойких смол.

Экономика

Основным способом, используемым для контроля сбросов в воду, является система балансирования pH. Затраты на такую систему в регионе могут составлять от 30 до 40 тыс. фунтов стерлингов. Другие системы будут стоить порядка 250 тыс. фунтов стерлингов, исключая строительные работы. Регенерация в горячей воде способствует снижению эксплуатационных затрат.

#### 3.4.5.2 Способы контроля загрязнений, применимые для активированного угля и для регенерации смол

Такого же самого типа способы можно использовать, какие используются для регенерации активированного угля. См. Раздел 3.4.4.4.

## 3.5 Способы, рассматриваемые для подготовки отходов, используемых в качестве топлива

В этом разделе описаны способы, рассматриваемые как имеющие хорошие эксплуатационные экологические показатели (например, использование надежной энергетической системы), или которые помогут получить хорошие экологические показатели (например, системы экологического менеджмента). Способы, рассматриваемые в этом разделе, такие, которые являются важными для подготовки отходов, используемых в качестве топлива.

### 3.5.1 Повышение знаний о подготовке топлива из твердых отходов

#### Описание

Это относится к тому, что описано в Разделе 4.1.1 об определении характеристик состава отходов, и связано с Системой управления качеством (QMS). Смешивание и приготовление смесей (см. Раздел 4.1.5) также играют важную роль в этом отношении. Должна использоваться гарантия качества подготовки отходов, так как топливо должно удовлетворять техническим условиям, установленным принимающим объектом. Некоторые способы включают в себя:

а) представление отчета заказчику с указанием основных физических и химических свойств топлива из отходов, в частности:

- происхождения и номера по EWL
- низшей теплотворной способности
- содержания золы
- содержания влаги
- содержания летучих веществ
- содержания биомассы
- химического состава (в особенности С, Н, О, N, S, P, Cl, F, Al, K, Na, тяжелых металлов)

б) ограничение количества важных параметров для любых отходов, которые должны использоваться в качестве топлива на любой установке для совместного сжигания (например, хром (VI), общий хром, свинец, кадмий, ртуть, таллий, РСВ, сера и общее содержание галогенов для использования в цементной печи).

#### Достижимый положительный эффект

Передача сведений потребителю топлива о возможных выбросах и любых эксплуатационных проблемах, которые могут возникнуть при использовании материала отходов в качестве топлива. Потребитель топлива из отходов должен получить достаточные сведения о технических условиях на топливо из отходов для того, чтобы снизить возможное воздействие на выбросы, качество остатков, образующихся при сжигании такого топлива, коррозионное поведение и качество продуктов.

#### Эксплуатационные особенности

Требуется проведение лабораторных работ (анализов).

#### Применимость

Реальная смесь отработанных растворителей, в особенности наличие достоверных знаний о составе для соответствующей теплотворной способности и ограничения загрязняющих веществ, например, хлора и тяжелых металлов.

#### Ограничения в применении

СЕН/ТС 343 (Топливо, утилизированное из твердых отходов) и WG 2 “Технические условия и классы”. Использование топлива из отходов и замещение загрязняющих веществ в остатки или продукты становится все более важной проблемой. Поэтому использование некоторых видов топлива из отходов должно быть ограничено, в зависимости от последующей обработки. Проводи-

мое в настоящее время обсуждение или нормативные ограничения на хром (VI) в цементе в количестве не более, чем 2 части на млн., по причинам здоровья и безопасности, могут ограничить использование некоторых видов отходов, содержащих хром. Имеются также некоторые инструктивные положения (например, в земле Северный Рейн – Вестфалия в Германии).

### 3.5.2 Подготовка различных типов топлива из отходов

#### Описание

Подготовка различных типов топлива из отходов должна проводиться с учетом технических характеристик процесса сжигания для его использования (например, цементная печь, печь для обжига извести, электростанция (антрацит, бурый уголь), сжигание специализированных видов топлива из отходов). Эти процессы сжигания имеют различные технические характеристики.

Масштаб операцией по переработке отходов зависит от применения топлива из отходов. Некоторыми примерами являются:

- a) тип отходов, используемых для подготовки топлива из отходов
- b) способы, используемые для хранения топлива из отходов
- c) вид печи, использующей топливо (насыпной материал, подача с дутьем)
- d) топливная смесь, используемая в процессе сжигания
- e) тип процесса сжигания, слоевое сжигание с диаметром <150 мм, или пиролиз с диаметром <150 мм при наличии большого количества металлов и тяжелых частиц

f) тип подачи топлива из отходов: подача с дутьем в доменной печи с диаметром частиц <20 мм (цементная печь, электростанция на буром угле) только для частей со скоростью менее, чем 2 или 3 м/с

g) терпимость к некоторым компонентам: например, содержание хлора <0,3% зависит также от смеси топлива (цемент) в отличие, например, от <5% для некоторых топлив из отходов.

Типы топлива из твердых отходов, которые можно приготовить из неопасных отходов, обычно подпадают под одну из следующих категорий:

- из MSW (главным образом, бытовые отходы)
- из смешанных коммерческих, крупногабаритных бытовых отходов и др. отходов
- из сухих монопотоков или гомогенных отдельных потоков отходов
- их фильтровального кека, осадков и других влажных отходов.

На режим обработки оказывают влияние физико-химические характеристики подготавливаемого топлива из отходов. Например, может быть проведено измельчение до требуемого размера зерен твердого топлива из отходов. Другой пример связан с тем, что может потребоваться отделение мусора и посторонних примесей с помощью механической переработки и измельчения. Это означает, что можно иметь выход по топливу менее 100% в отношении качества топлива вследствие возрастания содержания влаги и золы.

Достижимый положительный эффект

Поставка потребителю топлива из отходов с требуемыми физико-химическими свойствами.

Эксплуатационные особенности

Технология, используемая для подготовки некоторых видов топлива из отходов, зависит от характеристик поступающего материала и требований потребителей, (это не рассматривается в данном Разделе). Например, степень механической и биологической переработки зависит от происхождения отходов. Один тип отходов различного происхождения может иметь различный состав/качество. Например, бумага/картон 03 03 08, производство бумаги 15 01 01, упаковочный материал 19 12 01, механическая переработка 19 12 12, механическая переработка (включая смеси) 20 01 01 и муниципальные отходы – все имеют различный состав. Еще одним примером могут быть памперсы, а) как остаток производства; б) как высококалорийная фракция муниципальных твердых отходов (приблизительно 15-20 вес.% подгузники).

Должно быть учтено влияние сбора отходов (и в случае отходов потребления, национальные или региональные привычки) на характеристики отходов.

Ограничения в применении

Имеются в наличии некоторые руководящие документы (например, в земле Северный Рейн – Вестфалия).

### **3.5.3 Способы приготовления топлива из твердых отходов**

209

Этот раздел содержит описание способов, применяемых для приготовления топлива из твердых отходов и неопасных/опасных отходов. Разделы применимости для этих способов дают больше указаний в отношении того, где такие способы применяются. Однако способы в Разделах 3.5.3.1 – 3.5.3.5 являются важными для любого типа отходов. Способы в Разделах 3.5.3.6 – 3.5.3.12 применимы главным образом для неопасных отходов. Только один способ конкретно для опасных отходов был включен, и он находится в Разделе 3.5.3.13.

#### **3.5.3.1 Выбор способов, используемых для приготовления топлива из твердых отходов**

Описание

Некоторые способы включают в себя:

- а) классификацию твердых отходов (например, бытовые отходы) и дробление крупногабаритных фракций отходов перед операцией сортировки
- б) применение магнитного сепаратора
- с) проведение операций смешивания и грохочения в закрытых местах
- д) использование устройств для смешивания с азотом, чтобы сделать атмосферу инертной, когда имеется риск взрыва.

Достижимый положительный эффект

Операции классификации и дробления являются важными для получения удовлетворительных результатов при сортировке и облегчения последующей термической переработки. Другой причиной является то, что эти способы могут

также косвенно предотвратить неорганизованные выбросы пыли и ЛОС.

**Эксплуатационные особенности**

Для измельчения требуется много энергии и высоких эксплуатационных затрат, что неизбежно в случаях использования сыпучих материалов.

**Применимость**

Опасные и неопасные отходы. Способ а) в описании выше не применим для производства топлива из отходов, когда это относится к опасным отходам. Этот способ может быть успешным, но имеются и другие стратегии, которые работают также хорошо. Способ d) применяется к опасным отходам с риском взрывоопасности.

Для некоторых специальных видов отходов могут не потребоваться некоторые специальные способы, упомянутые выше. Некоторыми идентифицированными примерами являются установки, на которых производится топливо из отходов, разделяемых в источнике, например, отходы от резки при производстве пластмасс или отходы от переработки макулатуры. Однако это исключение зависит от опыта оператора обращения с отходами и от отдельных видах отходов. Это означает, что оператор обращения с отходами должен хорошо знать заказчика, состав перерабатываемых отходов и способ сбора отходов заказчиком. Только таким образом можно избежать проблем, которые могут появиться на установке для обращения с отходами или связанных с качеством топлива из отходов.

**Ограничения в применении**

Способ d) из описания выше обычно регулируется с помощью законодательства, направленного для предотвращения аварий.

**Примеры установок**

Безопасность устройства для смешивания может быть обеспечена с помощью добавки азота для того, чтобы отходы были инертными. Снижение в результате этого содержания кислорода (рабочее условие от 6 до 8% кислорода) за счет добавки азота приводит к тому, что атмосфера является инертной. Например, такой способ позволяет смешивать отходы с температурой вспышки ниже, чем 00С.

### **3.5.3.2 Сушка топлива из твердых отходов**

**Описание**

В зависимости от влагосодержания и физических характеристик отходов можно применить первый шаг обезвоживания. Он может состоять из одной из следующих операций: отстаивание, уплотнение центрифугированием, флотационное сгущение. Некоторые способы включают в себя:

а) использование термической сушки материалов. В конвекционных (с непосредственным нагревом или адиабатических) сушилках имеется непосредственный контакт между нагреваемой средой и высушиваемым продуктом. Влага, содержащаяся в топливе, удаляется с помощью теплоносителя. В конвективных сушилках не имеется непосредственного контакта между теплоно-

сителем и продуктом. Имеет место теплоперенос через нагреваемые поверхности. Влага удаляется с помощью газа-носителя, на который приходится приблизительно 10% количества, используемого в конвективных процессах. Поэтому конвективные сушилки могут быть предпочтительными для пылевидных или пахучих отходов

б) использование системы биологического разрушения/сушки. В соответствии с применяемым процессом разрушение бывает более или менее заметным. В зависимости от применяемой системы в случае случайного процесса появления воды в течение биологического разрушения должна быть очистка перед сбросом стока в водный объект. Для поддержания биологической активности в систему подается воздух. Отработанный воздух собирается и очищается.

Достижимый положительный эффект

Повышение теплотворной способности твердых отходов и в некоторых случаях достижение удовлетворительных результатов сортировки.

Эксплуатационные особенности

В случае термической сушки необходимо тепло. Исследование показывает, что в случае сушки осадков сточных вод энергия утилизации выше. Причина состоит в том, что энергия, требуемая для биологической сушки (при условии наличия органического материала в осадках сточных вод), выше, и имеется тенденция, что теплотворная способность топлива из отходов будет ниже.

Ограничения в применении

Излучающие сушилки не применяются для сушки твердых отходов. Применяемы для обезвоживания и сушки осадков.

Биологическая сушка более применима для неопасных отходов.

### **3.5.3.3 Магнитная сепарация черных металлов**

Описание

Некоторые способы включают в себя:

а) установку подвешеного магнитного сепаратора в продольном направлении над конвейерной лентой выше траектории перемещения материала

б) пересортировка материала магнитным барабанным сепаратором или магнитным барабаном, так как небольшие частицы черных металлов все еще могут оставаться под немагнитным слоем

с) повышение скорости конвейерной ленты с уменьшением толщины сепарируемого материала

д) использование конструкции с дополнительной подачей для магнитного барабанного сепаратора.

Достижимый положительный эффект

Магнитные сепараторы можно использовать для извлечения чугуна или стали как ресурсов, например, извлечение жестяных банок из легковесной упаковки. Их можно использовать для извлечения любых черных металлов из отходов, тем самым, предотвращая трудности на дальнейших стадиях переработки и повышая качества продукта. Магнитные сепараторы используются в процес-

сах рециклинга кабелей для удаления металлов, для защиты ротационного режательного устройства от затупления или поломки и для последующей очистки медного продукта.

Установка магнита в продольном направлении предпочтительна, так как она помогает эффективному отделению металла вдоль траектории движения. Если магнит расположен поперек материала (т.е. подвешен поперек конвейерной ленты), сила магнита может быть в несколько раз выше, чем в продольном направлении, так как иногда немагнитные объекты расположены выше материалов из черных материалов, через которые должен работать магнит.

Путем сортировки муниципальных твердых отходов (ТБО) с определенным содержанием пластмасс с большой площадью поверхности, подвесные магнитные сепараторы должны неизбежно извлекать эти пластмассовые объекты вместе с предметами из черных металлов. Для минимизации этого сброса рекомендуется увеличение скорости ленты. В общем, подвесные магнитные сепараторы дают очень хорошие результаты, до 98 вес.% от поступающего железа.

Преимущество схемы верхней подачи в случае магнитных барабанных сепараторов состоит в том, что части из черных металлов непосредственно вступают в контакт с сильным магнитным полем, и, следовательно, можно хорошо отделять мелкозернистые материалы и слабо намагниченные материалы.

#### Эксплуатационные особенности

Способ, с помощью которого материал можно подать в магнитный барабанный сепаратор, выбирается либо с помощью схемы верхней подачи, или схемы нижней подачи. В схеме верхней подачи материал загружается на барабан, непосредственно перед выступом, с помощью использования вибрационного лотка. В этом случае только намагниченные предметы удерживаются на обечайке барабана до тех пор, пока они не достигнут границы магнитного поля, где материал упадет с барабана и будет собираться после разделительной плиты из не намагниченного материала.

В схеме нижней подачи обечайка барабана притягивает черные металлы через воздушный зазор, а затем они падают – подобно подвесному магнитному сепаратору – но не перед тем, как покидают магнитное поле. Для усреднения подачи невозможно обойтись без использования вибрационных лотков.

#### Применимость

Используются, когда в отходах имеются черные металлы. Обычно с помощью магнитных сепараторов нельзя извлекать нержавеющей сталь. Это связано с тем фактом, что нержавеющая сталь не способна намагничиваться, или только слабо намагничена.

Обычно при переработке отходов работа с нижней подачей важна только для специальных применений, например, при переработке измельченного скрапа. Передний полюс этого барабана создает сильное и далеко действующее магнитное для надежного извлечения измельченного и компактного скрапа. Транспортирование материалов из черных металлов к линии сброса осуществляется с помощью дополнительных слабых полюсов. Вследствие сильного истирания

при сортировке скрапа обечайка барабана выполняется из плиты толщиной 8 мм, изготовленной из закаленной марганцовистой стали.

Ограничения в применении

Применение магнитной сепарации зависит от типа перерабатываемых отходов и требований к топливу из отходов. Некоторыми примерами являются:

- использование сепарации черных (или цветных металлов) для снижения истирания, если необходимо тонкое измельчение с резкой в соответствии с требованиями
- сепарация черных и цветных металлов и (или) сепарация мелкой фракции с помощью грохочения полезна, если ограничено содержание золы
- необходимо добавить воздушный сепаратор, если технология сжигания позволяет сжигать только частицы с низкой скоростью седиментации в топливе из твердых отходов.

### **3.5.3.4 Сепарация цветных металлов**

Описание

Некоторые способы включают в себя:

- а) кондиционирование размеров зерен элементов отходов из цветных металлов от 3 до 150 мм перед их сепарацией с помощью сепаратора вихревых токов
- б) использование высокочастотного переменного магнитного поля для того, чтобы улучшить сепарацию мелкозернистых цветных металлов
- с) эксцентричное размещение системы магнитного поля
- д) использование вибрационных лотков для достижения слоя единичных зерен для того, чтобы получить хорошие результаты сортировки
- е) сепарация мелкозернистых черных металлов с помощью магнитного барабана в системе с верхней подачей перед включением вихревых токов.

Достижимый положительный эффект

Сепараторы вихревых токов могут сортировать частицы цветные металлы с размерами частиц от 3 до 150 мм. Поэтому предварительное просеивание может быть преимуществом для повышения сепарации цветных металлов из отходов.

Магнитные полюса устанавливаются эксцентрично или центрировано. Системы с центральным полюсом имеют проблемы с частицами железа небольшого размера, которые могут попадать между конвейерной лентой и обечайкой барабана. Эти частицы притягиваются вдоль всего периметра барабана и становятся горячими, что может привести к повреждению пластикового барабана. В дополнение к этому, размещение системы магнитного полюса в эксцентричных системах различное, так что самое сильное поле может быть направлено к зоне выброса.

Ограничения в применении

Трудно сепарировать удлиненные и плоские компоненты, такие как алюминиевая фольга и медная проволока, поскольку у этих материалов слабые вихревые токи.

### 3.5.3.5 Сепарация всех металлов

#### Описание

При подготовке топлива из твердых отходов сепараторы всех металлов применяются главным образом для выделения частиц. Можно достичь высокой производительности, если материал диверсифицирован перед автоматическим определением. Обычно сепараторы всех металлов работают с катушкой обнаружения, которая размещается перпендикулярно направлению транспортирования и разрезана на единичные сегменты. Если частицы металла попадают в высокочастотное переменное магнитное поле катушки, они оказывают влияние на поле. Это изменение воспринимается микропроцессором с электронным регулированием, который в состоянии идентифицировать сегмент катушки ближе к частице металла. Эта частица отделяется с помощью одного или более воздушных сопел, расположенных ближе к катушке обнаружения. Металлы отделяются с помощью разделительной перегородки.

Достижимый положительный эффект

Улучшается отделение металлов от отходов.

Применимость

Катушки обнаружения способны детектировать металлические частицы размерами приблизительно 1 мм и больше. Для процесса сепарации форма и масса не являются важными.

Эксплуатационные особенности

Сепараторы всех металлов применяются для автоматической сепарации черных и цветных металлов. Эти устройства применяются, если содержание металлов в подаваемом материале низкое, когда другие операции сепарации металлов не работают достаточно эффективно, поскольку имеются высокие требования к качеству продукта, или когда установленные далее по технологической цепочке устройства должны быть защищены, например, ротационные измельчающие устройства.

Примеры установок

Применяются при переработке пластмасс.

### 3.5.3.6 Положительная и отрицательная сортировка

#### Описание

Существует две различных стратегии переработки: положительная и отрицательная сортировка:

а) положительная сортировка означает, что только желаемый материал с высокой теплотворной способностью и с низким содержанием вредных веществ отсортировывается из потока материалов. Эта стратегия приводит к более высокому количеству выделяемого материала и часто к более высокому качеству перерабатываемого топлива из твердых отходов

б) стратегии отрицательной сортировки позволяют отделять только те материалы, которые являются нежелательными в продукте (например, если требуется снизить содержание хлора в потоке отходов, поскольку он может вызвать

проблемы, когда поток отходов сжигается или подвергается совместному сжиганию, и тем самым может стать снижать содержание пластика из ПВХ в потоке отходов). С применением этой стратегии количество депонируемого материала может быть меньше, поскольку другие материалы, в которых могут содержать большие количества вредных веществ, окажутся в конечном продукте.

**Достижимый положительный эффект**

Повышение качества сепарированных отходов или предотвращение проблем при дальнейшей переработке определенных потоков отходов.

**Ограничения в применении**

Некоторые загрязняющие вещества нельзя отсортировать, поскольку они остаются скрыты в материале и сканирующие устройства не могут распознать их.

**Применимость**

Применяются при производстве топлива из твердых отходов, преимущественно из муниципальных твердых отходов. В зависимости от требуемого качества может применяться положительная или отрицательная сортировка. Если требуется поток материалов высокого качества, желательна отрицательная сортировка, и доход от продукта будет выше, чем в случае положительной сортировки, но количество произведенного продукта будет меньше.

**Экономика**

В отношении экономических аспектов положительной и отрицательной сортировки невозможно сделать общее заключение.

**Эксплуатационные особенности**

В зависимости от степени переработки и желаемого качества топлива из твердых отходов количество материалов, направляемых на полигон, может широко варьироваться.

**Примеры установок**

В некоторых установках для отходов происходит просто сепарация инертного материала и металлической фракции, а также снижается содержание органической фракции и воды. Остальное попадает в продукт, и, таким образом, автоматически снижается количество материалов, направляемых на полигон.

### ***3.5.3.7 Использование пневматических систем для уменьшения размеров***

**Описание**

Использование пневматических систем для переработки материалов, удаляемых после измельчения (уменьшения размеров).

**Достижимый положительный эффект**

Некоторыми выгодами являются:

- снижение нежелательного содержания материала с чрезвычайно мелкими размерами зерен в конечном продукте
- охлаждаются вращающиеся части, включая резы и кожух
- снижается потребность в энергии
- оказывается помощь в транспортировании материала.

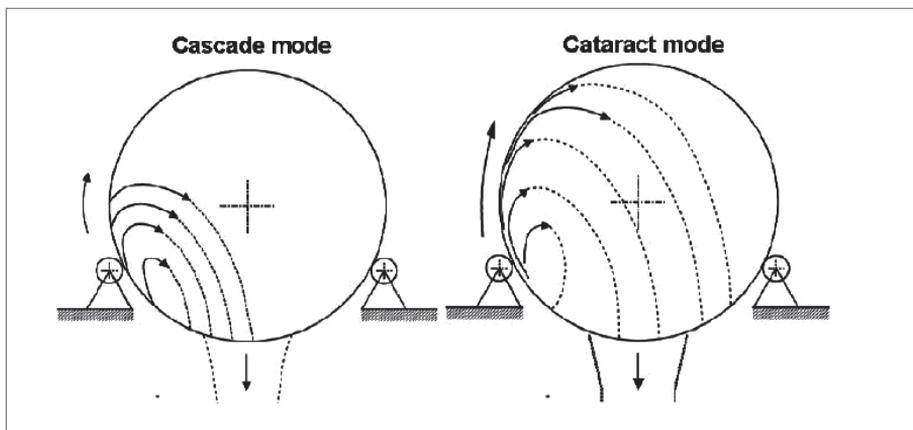
Применимость

Применяется в деятельности по снижению размеров.

### 3.5.3.8 Барабанный грохот

Описание

В зависимости от скорости барабана можно использовать различные режимы работы: каскадный или катарактный (водопадный). На рис. 3.9 показаны эти режимы работы.



216

Рисунок 3.9 - Барабанные грохоты

Пояснения к рисунку:

Cascademode – каскадный режим

Cataractmode – катарактный режим

Барабанный грохот показывает наилучшие результаты при угловой скорости вращения 70% от критической скорости при катарактном режиме. Недостаток каскадного режима состоит в том, что грохот будет создавать глыбы, и мелкие частицы не будут хорошо выделяться.

Для повышения эффективности внутри грохота устанавливаются подъемники для сбора материала и перемещения его выше, так что материал падает на свободное место. Подаваемый материал с высоким содержанием частиц, приблизительно 100-250 мм, часто вызывает проблемы с блокировкой грохота, что затем приводит к снижению эффективности и высокому содержанию мелких частиц в верхнем продукте.

Достижимый положительный эффект

Улучшение степени сепарации. Преимуществами является то, что работа не требует вибрации, возможна большая однородность и очистка поверхности от прилипших небольших частиц, в которых часто бывает высокое содержание тяжелых металлов.

Для защиты грохота от блокировки эффективно использование насадок, которые можно приваривать.

### **3.5.3.9 Усовершенствование пылевых фильтров в циклонах воздушных сепараторов**

#### Описание

Повторное использование воздуха, который был использован для воздушных сепараторов и продувки. Приблизительно 30% воздуха из циркулирующего потока сбрасывается на стороне нагнетания вентилятора и чистится с помощью пылевого фильтра.

Достижимый положительный эффект

Имеются следующие преимущества:

- фильтр для отделения пыли можно сконструировать намного меньше, так как воздух, который требуется очистить, имеет объем на 1/3 меньше, чем при обычной работе
- воздух, сбрасываемый в смотровые щели питающего конвейера или систему сброса, не содержит пыли
- в циркулирующем воздухе не концентрируются частицы пыли или влага
- скорость воздуха в зоне сепарации можно точно регулировать с помощью дроссельного клапана.

Эксплуатационные особенности

Количество воздуха, потребляемого воздушным сепаратором, зависит от геометрии трубы сепаратора.

Применимость

С точки зрения применений в процессах рециклинга, не все имеющиеся воздушные сепараторы можно применять. В большинстве случаев их необходимо специально проектировать для того, чтобы иметь дело с крупными частицами.

Скорость воздуха для сухой бумаги, тонкостенных пластмасс и полимерных пленок, например, составляет приблизительно 11-12 м/с. Минимальная утилизация этого легковесного материала с высокой теплотворной способностью составляет приблизительно 70%. Производительность воздушных сепараторов ограничена удельной загрузкой, с максимальной производительностью 0,35 кг твердых частиц / (м<sup>3</sup> воздуха/ч).

### **3.5.3.10 Спектроскопия в ближней инфракрасной области**

#### Описание

Материал, который подлежит сепарации, часто подается ленточным конвейером. Конвейер обычно работает с высокими скоростями, так что его функция почти такая же, как у обособленного устройства. Галогенная лампа и детектор установлены выше ленточного конвейера. Детектор состоит из спектроскопического датчика, работающего в ближней инфракрасной области (NIR), который сканирует всю ширину ленточного конвейера и передает характеристические спектры на блок обработки данных. Происходит сравнение сигналов с базой данных. При анализе учитывается расчет реального расположения на ленте конвейера, и результаты измерения даются моментально. Затем происходит сортировка с помощью воздушного сопла, расположенного перед зоной выгрузки.

Подъемник воздушного сопла оснащен несколькими отдельными воздушными соплами на расстоянии 30 мм друг от друга. Каждое воздушное сопло питается от рессивера и регулируется магнитными клапанами. Блок обработки данных передает сигнал, если детектируемая частица положительная, и воздушное сопло сдувает ее. Можно привести в действие одно или больше воздушных сопел. При резком повышении давления сдувается частица, которая затем отделяется от потока материалов с помощью разделительной перегородки.

#### Достижимый положительный эффект

Применение связано с селективным разделением упаковки из картона для безалкогольных напитков, бумаги, картона, смешанных пластмасс, таких как полиэтилен, полипропилен, полистирол, полиэтилентерефталат (ПЭТ) и поливинилхлорид (ПВХ). Реальная степень утилизации потенциально подвергаемых рециклингу предметов зависит от качества отходов, хотя приблизительно достижима сепарация 80-90%. Достижимое качество продукта составляет от 90 до 97%. При этом также снижается содержание тяжелых металлов (например, Sb, Cd, Pb) и хлора в потоке отходов, поскольку можно разделять определенные виды отходов, содержащие эти компоненты.

#### Воздействия на окружающую среду

Применение этого способа связано с потоком отходов с повышенным содержанием хлора и металлов, который необходимо перерабатывать.

#### Эксплуатационные особенности

Невозможна сепарация темно-бурых и черных материалов, так как свет NIR почти полностью поглощается, и, следовательно, излучение не возвращается к датчику.

#### Применимость

Устройства для автоматического распознавания могут использоваться для сортировки предметов с размерами приблизительно от 30 до 300 мм. Рабочая ширина ленточных конвейеров варьируется от 500 до 1400 мм. Производительность предварительно классифицированной легкой упаковки с размерами предметов от 50 до 200 мм находится в диапазоне от 1 до 6 т/ч.

Этот способ применяется для снижения содержания некоторых компонентов в топливе из отходов для того, чтобы достичь качества, требуемого при производстве топлива из отходов.

#### Ограничения в применении

Снижение содержания тяжелых металлов и хлора в твердом топливе из отходов. Некоторые стандарты реально подготовлены Рабочей группой 2 CEN TC. Хлор является одним из параметров, используемым для определения классов топлива. Реально обсуждаемое содержание хлора составляет около 3%, и это означает, что пластмассы, содержащие органический хлор, т.е. по существу ПВХ, принимаются в ограниченной доле.

#### Примеры установок

Несколько установок имеется в Германии, в которых используется NIR для производства топлива из твердых отходов.

### **3.5.3.11 Автоматизированный отбор**

#### Описание

Материал проходит через вибрационный лоток, с которого подается на конвейерную ленту. Детектор металлов расположен под конвейерной лентой, который посылает соответствующие данные о каждом предмете в вычислительный блок. В дополнение к этому, выше конвейера размещена цветная передающая камера, передающая информацию о предметах в вычислительный блок. Оба потока информации анализируются с помощью специального программного обеспечения перед тем, как вычислительный блок передаст импульсы, давая команду сдувать отдельные предметы или разрешая им проходить (положительная или отрицательная сортировка). Как принимаемые, так и отбракованные предметы затем транспортируются с помощью отдельных конвейеров для дальнейшей переработки или хранения.

Достижимый положительный эффект

Повышается эффективность сортировки различных материалов отходов.

Применимость

При ширине ленты 1200 мм и в зависимости от подаваемого материала имеется возможность достичь производительности сортировки 2-8 т/ч для размеров предметов от 3 до 250 мм.

Примеры установок

Автоматизированный отбор завоевывает возрастающее признание в секторе обращения с отходами, в особенности, если требуется продукт с определенными техническими характеристиками.

219

### **3.5.3.12 Гранулирование и брикетирование**

#### Описание

Дисковый гранулятор состоит из металлического корпуса с одним или более дисков внутри него. Внутренняя сторона устройства заполняется периодически материалом. Диски, которые имеют верхние части для лучшего перемешивания материала, начинают вращаться, преобразуя энергию трения в теплоту. Материал гомогенизируется при перемешивании, а затем начинает плавиться при повышении температуры. В тот момент, когда материал начинает пластифицироваться, возрастает потребляемая энергия. При достижении материалом определенной температуры подается сигнал для опорожнения реактора. После завершения процесса материал должен охлаждаться.

Достижимый положительный эффект

Возрастает плотность продуктов.

Воздействия на окружающую среду

Вследствие необходимости полного расплавления материала, потребление энергии для этого процесса намного выше, чем для брикетирования.

Эксплуатационные особенности

Получаемый материал требует гранулирования.

Применимость

Вследствие того факта, что такие системы зависят от плавления некоторых компонентов отходов, их можно применять только тогда, когда такие компоненты имеются (например, пластмассы).

### **3.5.3.13 Криогенное измельчение**

#### Описание

Криогенное измельчение является способом для снижения размеров и просеивания сильно охлажденной и пустой упаковки в инертной атмосфере. Целью является отделение использованной упаковки от краски, чернил и подобных веществ фракций, используемых в качестве топлива или вторичного металла и пластика, но при снижении выбросов ЛОС вследствие низких используемых температур.

Первой операцией является отделение жидкой фракции от твердой. Твердая фракция затем перерабатывается с помощью измельчения, просеивания и сепарации металлов при температуре  $-100^{\circ}\text{C}$  до  $-196^{\circ}\text{C}$  (обычно с жидким азотом). При этих температурах материал становится хрупким и легко разделяется при использовании при возможности классических приспособлений.

Криогенная переработка использованной упаковки для краски и подобных материалов состоит из следующих стадий:

а) измельчение в шредере и добавка азота для получения инертной атмосферы. Жидкая фракция (например, осадок краски) отделяется с помощью фильтрации

б) криогенная (глубокое охлаждение) обработка в жидком азоте ( $-196^{\circ}\text{C}$ ). С помощью этой обработки материал делается твердым и вследствие различных коэффициентов расширения компонентов ослабляются связи между различными материалами

с) разделение упаковки (например, металлической и пластиковой) и содержимого (например, осадка краски) с помощью молотковой дробилки и вибросита

д) сбор металлической фракции с помощью магнитной сепарации для повторного использования

е) добавка опилок к осадку в качестве адсорбента для отвердевания. Пластиковая фракция и осадок направляются для рециклинга в качестве топлива.

#### Достижимый положительный эффект

Благодаря использованию инертной атмосферы в течение процесса измельчения минимизируется риск взрыва. Фракция осадка готовится для использования в качестве топлива. При сравнении с прямым сжиганием таких отходов получаемая энергия выше, поскольку перед сжиганием удаляются металлы. Сепарация других материалов, например, металлов и пластмасс, дает возможность использовать их.

#### Воздействия на окружающую среду

Требуется электроэнергия для криогенного процесса и для получения азота. Могут быть выбросы, например, ЛОС и летучих углеводородов. Для снижения выбросов ЛОС в воздух отходящие газы собираются и чистятся с помощью

фильтра из активированного углерода. Отходящие газы очищаются от летучих углеводородов с помощью фильтра из активированного углерода. Остаточные выбросы оцениваются порядка 0,06 кг/т использованной упаковки.

#### Эксплуатационные особенности

Конечным продуктом операции являются органические отходы в виде порошка, черные металлы, цветные металлы и пластмассы. Потребление электроэнергии в криогенном процессе составляет приблизительно 31 кВт-час/т отходов упаковки. Количество потребляемого азота составляет приблизительно 0,67 т/т отходов упаковки. В качестве адсорбента для осадка используются опилки в количестве 170 кг/т отходов. Отработанные опилки являются отходами, и это означает, что экономится первичное сырье.

#### Применимость

Некоторыми примерами являются приготовление топлива из твердых отходов применительно к отходам упаковки из-под краски и подобных веществ. Это оборудование часто используется для переработки металлической и пластиковой упаковки, заполненной краской, чернилами, осадком масел, лаком, клеем, смолой и т.д. и отходами на основе резины (например, шины). Упаковка из-под других опасных отходов, например, пестицидов, галогенированных химикатов и лабораторных химикатов не может перерабатываться с помощью этого процесса вследствие риска диффузии токсических веществ.

#### Примеры установок

Пример установки имеется в Нидерландах с производительностью 17500 т/год.

### ***3.5.4 Способы приготовления жидкого топлива из отходов***

#### ***3.5.4.1 Общие способы приготовления жидкого топлива из отходов***

##### Описание

Некоторые способы включают в себя:

а) использование внешних теплообменников. Здесь удаляются водяные пары и исходное сырье на основе нефтепродуктов можно нагреть до температуры 90°C, при которой отделяется большая часть гравитационной (в противоположность растворенной) воды. Это происходит в результате снижения вязкости масляной фазы (причиной чего является повышение температуры), при использовании гравитационного разделения для достижения желаемого результата, так как вода собирается на дне емкости

б) использование адсорбции углем или конденсации во избежание выбросов ЛОС. При использовании конденсации собранная органическая фракция может использоваться в качестве котельного топлива

в) удаление твердых частиц из жидких отходов для использования в качестве топлива. Для этого нагретое масло из нагревательной емкости обычно проходит над открытыми фильтрами для удаления твердых частиц. Они пригодны либо на открытых площадках, либо в зданиях. ЛОС выделяются, когда нагретое масло проходит через фильтры для удаления твердых частиц. Используемые фильтры обычно представляют собой вибросито, которое часто исполь-

зуется для минеральных наполнителей. Необходимость экстракции пара при фильтрации возможна из колпаков над открытыми фильтрами. Можно использовать также центрифуги с целью сепарации любых твердых частиц из масла, что минимизирует выбросы

d) удаление масла из жидких стоков перед сбросом в бытовую канализацию или другие водные объекты, обычно с помощью маслоотделителя, сепараторов с качающейся пластиной и (или) способов фильтрации, а затем использование масла в качестве топлива

e) обеспечение того, чтобы в многокамерном маслоотделителе каждая камера была достаточно большой для того, чтобы была возможность сохранения масла в течение 6 мин при максимальном прогнозируемом расходе

f) использование вертикальной мешалки с подшипником скольжения внутри емкости.

Достижимый положительный эффект

Очистка и снижение выбросов от переработки жидких отходов. Это важно для продажи топлива из жидких отходов, из которых удалены любые твердые частицы, которые остаются в нагретом масле.

Воздействия на окружающую среду

Выбросы ЛОС могут быть значительными, когда масло удаляется из технологической емкости в открытые каналы, а также когда нагретое масло проходит над сепаратором с качающейся пластиной.

Эксплуатационные особенности

При наличии водяных паров может использоваться адсорбция углем. Работа, связанная с удалением твердых частиц, вызывает коррозию, и фильтры должны быть прочными, когда приходится иметь дело с твердыми частицами, а также с нагретым маслом. Маслоотделители не могут отделять смешанные с водой вещества.

Сепараторы с качающейся пластиной (способ d) в описании выше) требуют немного меньшего времени пребывания для продукта. Размеры маслоотделителей основаны на их конструкции, максимального проектного расхода и требуемых значений выбросов.

Применимость

Применимо к переработке масел. Основная цель состоит в производстве топлива из жидких отходов. Две технологии смешивания пригодны для гомогенизации жидкого топлива:

- удлиненные мешалки морского типа, установленные на крыше бака
- насосная система, которая используется для смешивания верхней и донной частей бака с помощью циркуляционного контура.

Необходимы операции сушки и нагрева в связи с наличием опасности выбросов и воспламенения.

### ***3.5.4.2 Термический крекинг отработанных масел***

Описание

См. Раздел 1.5.2.4.4.

Достижимый положительный эффект

Использование термического крекинга на нефтеперерабатывающем заводе снижает выбросы CO<sub>2</sub>, так как снижается объем первичной переработки нефти

Экономика

Термический крекинг является капиталоемким: затраты капитала и постоянные эксплуатационные расходы составляют 80% от общих затрат (включена покупка отработанных масел). Установка для термического крекинга стоит порядка от трети до половины стоимости установки для регенерации сходного размера (хотя это сравнение необязательно справедливо, так как отличается конечная продукция). Эксперты согласны с тем, что термический крекинг с его более низкими капитальными затратами позволяет установкам быть рентабельными при производительности 30 тыс. т/год. Нет необходимости в субсидиях.

**Таблица 3.43 ЗАТРАТЫ И ПРОХОДНАЯ ПЛАТА<sup>11</sup> ЗА ОТРАБОТАННОЕ МАСЛО ДЛЯ ТРЕХ РАЗЛИЧНЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЕЙ ОСНОВНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ТЕРМИЧЕСКОГО КРЕКИНГА**

Параметр	Производительность А	Производительность В	Производительность С	Единицы
Производительность	40	50	80	тыс. т/год
Капитальные затраты	11	13	20	млн. евро
Удельные затраты	135	123	112	евро/т WO
Затраты на финансирование внутренней нормы доходности <sup>1</sup>	50	46	44	
Доход	144	144	144	евро/т WO
Плата за WO	-10	-21	-32	
1 на основе скорректированной риском в 15% доходности на капитал (включено в строку затрат)				

Инвестиционные затраты для переработки 54 тыс. т/год отработанного масла в топливо составляют 12 млн. долл. США (в ценах 1995 г.) (предположения: хранение: 15 дней, оборотные средства: 15 дней). Инвестиционные затраты для компании ТехасоTrailblazer, производящей судовое дизельное топливо, составили 11 млн. долл. США (в ценах 1994 г.) для переработки 54 тыс. т/год (предположения те же самые, что выше). Другая информация свидетельствует, что приблизительная стоимость переработки отработанного масла (в ценах 1994 г.) из предположения 15% внутренней нормы рентабельности после выплаты на-

<sup>11</sup> Плата, которая взимается за определенное количество отходов, которые получаются при переработке на данном предприятии.

логов и оборотных средствах: 15 дней) без сбора составляла 47 долл. США/т и -63 долл. США/т с включением затрат на сбор (средняя цена за сбор оценивается в 110 долл. США/т в Европе).

### **3.5.4.3 Ультрафильтрация через полупроницаемую мембрану как умеренный вид переработки отработанных масел**

#### Описание

Имеется предварительная обработка для защиты мембранной системы.

Достижимый положительный эффект

Лучшее качество отработанных масел и защита мембраны.

Применимость

Обычно используется, когда перерабатываются отработанные масла с помощью ультрафильтрации через полупроницаемую мембрану.

Экономика

Значительная добавленная стоимость. Обычно стадия защиты мембраны бывает дороже, чем добавленная стоимость продукта.

Примеры установок

Отражают производственный опыт.

### **3.5.5 Приготовление газообразного топлива из отходов**

224

#### Описание

Газификация и пиролиз относятся к способам приготовления газообразного топлива. См. BREF по сжиганию отходов для получения информации о преобразовании органических отходов в газ, который можно использовать в качестве топлива или синтез-газа.

Достижимый положительный эффект

Производится чистое газообразное топливо, а загрязняющие вещества остаются на протяжении процесса в нескольких фракциях.

Эксплуатационные особенности

Газификация обладает преимуществом приемки смешанных отходов, например, отработанных масел и пластмасс, что особенно важно в случае отработанных масел, возвращающихся в их исходный контейнер.

Экономика

Поскольку обычно необходимы крупномасштабные установки для достижения безубыточности, для переработки отходов можно использовать только существующие установки. Однако недавние разработки показали, что рентабельными могут быть небольшие установки с мощностью 10-15 т/день.

Ограничения в применении

Мощность существующих установок намного больше, чем требуется для размещения отработанных масел, так как они обычно строятся специально для этой цели.

Примеры установок

Некоторые применения имеются в Европе.

### 3.5.6 Способы предотвращения и подавления выбросов, применяемые при приготовлении топлива из опасных отходов

Таблица 3.44 СПОСОБЫ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ И ПОДАВЛЕНИЯ ВЫБРОСОВ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ТОПЛИВА ИЗ ОПАСНЫХ ОТХОДОВ

Способ	Ссылка в этом документе	Применимость
Меры предотвращения выбросов пыли		
Применение укрытия и пониженного давления для всех мест приема, производства и хранения	4.6.1	
Применение избыточного давления в рабочих местах (пульс управления, кабина движущего средства и т.д.) для предотвращения воздействия пыли на рабочих	4.6.1	Может применяться для существующих объектов без полной реконструкции объекта
Обеспечение того, чтобы операции предварительной подготовки и смешивания проводились в закрытых местах с направленным выходом воздуха	4.6.1	
Обращение с пылеобразными отходами в закрытых местах	4.6.1	Может применяться для существующих объектов без полной реконструкции объекта
Использование закрытых смесителей/транспортных средств/грохотов/магнитных сепараторов/оборудования для гомогенизации	4.6.1	Может применяться для существующих объектов без полной реконструкции объекта
Использование систем распыления/пульверизаторов для увлажнения окружающего воздуха и удерживания его для предотвращения выбросов пыли	4.6.1	
Обеспечение того, чтобы перед транспортированием, загрузкой свежих опилок, пылеобразных отходов или топлива из твердых отходов- они были надежно укрыты	4.1.4.1	Может применяться для существующих объектов без полной реконструкции объекта
Применение сетки для удержания пыли	4.6.5	Может применяться для существующих объектов без полной реконструкции объекта
Способы подавления пыли		
Мокрый скруббер	4.6.11	Не используется на существующих установках для производства топлива из отходов вследствие того, что некоторые виды пыли являются гидрофобными и что влажные осадки нельзя легко повторно использовать в производстве топлива из отходов
Циклоны	4.6.3	Обычно не используются в этом секторе. Этот способ может использоваться только в сочетании с рукавным фильтром
Рукавные фильтры	4.6.5	Широко используются в этом секторе
Электрофильтр	4.6.5	
Очистка сточных вод		
Очистка активированным углем	4.7	Сточные воды с низкой загрязненностью
Термическая обработка	4.7	Сточные воды с высокой загрязненностью

## 3.6 Очистка отходящих газов

В этом разделе описаны способы, используемые в секторе обращения с отходами для снижения, ослабления или контроля выбросов в воздух. Акцент необходимо ставить на предотвращение и перемещение загрязняющих веществ.

Выбросы из точечных источников относятся к таким выбросам, которые являются результатом сбора газа из емкости или места, где газы проходят либо через систему борьбы с выбросами, либо непосредственно в дымовую трубу или вытяжку.

В этом разделе рассмотрены только те способы, которые являются наиболее важными для сектора обращения с отходами. В общем, большинство способов уже было описано и проанализировано в др. BREF (специальная ссылка сделана в BREF "Очистка и управление сточными водами и отходящими газами" и в BREF "Сжигание отходов"). По этой причине нет необходимости давать в этом разделе полный анализ каждого из различных способов. Вместо этого в разделе концентрируется внимание только на проблемах, важных для сектора обращения с отходами, включая обсуждение того, что считается обоснованно достижимыми значениями выбросов. Способы предотвращения рассмотрены в предыдущем разделе, так как они в сильной степени зависят от типа процесса/проводимой деятельности.

### 3.6.1 Различные способы предотвращения

Описание

Некоторые способы включают в себя:

а) использование закрытых систем с удалением, или в условиях разрежения в соответствующую установку для борьбы с загрязнением, в особенности при прохождении процессов, связанных с перемещением летучих жидкостей или с обращением с отходами, от которых образуются выбросы ЛОС, включая время загрузки/разгрузки цистерн

б) применение систем удаления соответствующих размеров, которые могут относиться к сборным резервуарам, местам предварительной обработки, емкостям для смешивания/растворным бакам и местам размещения фильтр-прессов, или имеющим работающую отдельную систему для очистки отходящих газов из определенных емкостей (например фильтры активного углерода из емкостей, в которых хранятся отходы, загрязненные растворителями)

с) полностью закрытый участок (например, под сводом)

д) использование синтетического покрытия. Синтетическое покрытие может быть тонкой (0,1-0,15 мм) полимерной пленкой или состоять из относительно толстой (0,75-1 мм) полимерной пленки или геотекстильного материала. Стойкость различных полимеров к химикатам, погоде, газопроницаемости и разрыву подтверждается документально. Обычно защитный материал должен иметься в наличии в больших рулонах и его можно быстро применить даже для больших куч грунта. Синтетическое покрытие должно быть защищено от ветра

е) использование ветрозащитных барьеров.

### Достижимый положительный эффект

Снижение неорганизованных выбросов в атмосферу (например, ЛОС или запаха). Эффективность почвенного покрытия зависит от глубины покрытия и доли загрязненной почвы, которая может быть покрыта. Измеряемые уровни выбросов могут быть существенно снижены (например, >95%) с помощью добавки уплотненной почвы; однако все еще может происходить боковая миграция ЛОС.

Для гарантии полное ограждение участка с извлекаемым грунтом может осуществляться для минимизации неорганизованных выбросов. Ограждение действует для сбора любых выбросов, которые затем можно направить в определенное устройство контроля, пригодное для точечных выбросов. Ограждение может быть либо надувным, либо самонесущим. При надлежащей конструкции и эксплуатации ограждение может снизить неорганизованные выбросы до пренебрежимо малых уровней.

Для небольших рабочих зон при использовании ветрозащитных барьеров можно снизить неорганизованные выбросы (например, ЛОС) за счет эффективного снижения скорости ветра у поверхности грунта. Стандартного исполнения пористый ветрозащитный материал, который обычно используется для борьбы с пылью, является более эффективным, чем твердый ограждающий материал.

Объекты с выделением запахов и пыли могут быть ограждены для предотвращения выбросов и для снижения количества загрязненного воздуха, который должен очищаться впоследствии. Хорошо эксплуатируемая система сбора отработанного воздуха обеспечивает минимум бактерий, грибов, спор, запахов и частиц пыли. Это оказывает положительное воздействие на состояние здоровья работающих и сокращает простои из-за болезней.

### Воздействия на окружающую среду

Положительный побочный эффект ограждения состоит в снижении уровня шума для работающих на участке.

Синтетическое защитное покрытие можно оставлять на месте неограниченное время, хотя вследствие физического износа и фотодеструкции для полимеров имеется тенденция ограничения эффективного срока службы тонких барьеров до нескольких недель.

Почвенные покрытия будут менее эффективными в течение длительных периодов времени, и для их использования существует тенденция повышения общего объема и массы материала, который должен быть обработан.

### Эксплуатационные особенности

Широко используемый подход для контроля ЛОС для распределенных источников, например, при извлечении грунта, является использование покрытий для обеспечения физической защиты от переноса паров. Самой простой защитой является использование относительно чистой почвы в качестве покрытия для загрязненной почвы. Почвенный слой повышает необходимое расстояние для диффузии паров, и, таким образом, резко снижает, по крайней мере,

временно уровень выбросов. Эффективность покрытия будет зависеть от его проницаемости парам, которые имеются, и от доли бурта почвы, которая адекватно покрыта. Лабораторные измерения пленки из ПВХ с толщиной 0,5 мм показали относительно неудовлетворительные характеристики для ограничения диффузии паров.

Самонесущие своды являются более практичными, если грузовики и другое тяжелое оборудование должны регулярно приезжать и уезжать с участка.

В отношении необходимости удаления пыли на установках для биологической очистки предыдущий процесс играет решающую роль. При наличии влажного отработанного газа из биологического процесса потенциальные выбросы пыли эффективно снижаются. Все механические стадии для переработки сухих материалов неизбежно приводят к выбросам пыли. В этом случае необходимо изолирование отдельных кусков почвы. В ходе этих механических стадий отработанный воздух должен подвергаться эффективному удалению пыли. С помощью различных способов можно достичь значений меньших, чем 10 мг/нм<sup>3</sup>. Способы для предотвращения образования биоаэрозолей<sup>12</sup> и потоков на установках для биологической очистки включают в себя:

а) обеспечение того, чтобы поддерживалось оптимальное влагосодержание в течение аэробного процесса

б) обеспечение того, чтобы сбрасываемый материал регулярно переворачивался

с) поддержание надлежащего управления (См. Раздел 4.1.2.5)

д) сооружение обваловки/высадка деревьев по периферии участка.

Применимость

Синтетические покрытия обычно используются для контроля выбросов ЛОС при извлечении грунта в условиях кратковременного хранения куч. Синтетические покрытия также широко используются для контроля выбросов ЛОС при транспортировке по железной или автомобильной дороге.

Существуют некоторые ограничения, которые лимитируют использование полных ограждений несколькими участками, когда другие варианты контроля неприемлемы. Температура воздуха в ограждении может быть достаточно высокой для воздействия на трудоспособность и безопасность работающих. Дополнительные требования к безопасности вместе с дополнительным временем, требующимся для прибытия и отъезда грузовиков из огражденного участка, вероятно, продлят период времени, необходимый для извлечения грунта, и, тем самым, повысятся затраты.

Для больших рабочих зон заборы являются менее практичными. Выбросы ЛОС (и РМ) от буртов можно минимизировать с помощью контроля размещения и формы куч. При возможности кучи можно размещать в местах, защищенных от преобладающих ветров на участке. Площадь поверхности можно минимизировать для данного объема почвы за счет формирования бурта. Ориентация бурта будет воздействовать на скорость ветра поперек него, а самая низкая

<sup>12</sup> Биологический агент, диспергированный в газообразной среде.

скорость ветра будет тогда, когда длина бурта перпендикулярна преобладающему направлению ветра.

Выбор способа для борьбы с выбросами ЛОС применяется главным образом в зависимости от свойств ЛОС. Помимо этого, эти способы особенно чувствительны к расходам и концентрациям.

#### Экономика

Капитальные затраты на сооружение общего ограждения относительно высоки. Эксплуатационные затраты также могут быть высокими, если придется очищать большие объемы воздуха и удерживать концентрации загрязняющих веществ во внутреннем воздухе под сводом на уровнях, которые являются безопасными для здоровья рабочих.

**Таблица 3.45 РЕЗЮМЕ ЗАТРАТ НА КОНТРОЛЬ ВЫБРОСОВ ДЛЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ИСТОЧНИКОВ, ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ВЫЕМКЕ И УДАЛЕНИЮ ГРУНТА**

Способ контроля выбросов	Затраты на материал (долл. США/м <sup>2</sup> , исключая отмеченное иначе)	Комментарии
Глина	4,15	Покрывтия, маты и пленки
Почва		Принятая глубина 15 см; не включена транспортировка почвы
Древесная щепа, сетка из пластика	0,50	Затраты на щепу меняются с участком
Синтетическое покрытие	4,40	Принята толщина 1,14 мм
Кратковременный пеноматериал	0,04	Принята толщина 6 см, 0,7 долл. США/м <sup>3</sup> материала
Долговременный пеноматериал	0,13	Принята толщина 3,8 см, 3,3 долл. США/м <sup>3</sup> материала
Ветрозащитный экран	40/м	На линейный метр

#### Примеры установок

На большинстве химических установок имеется система удаления и очистки воздуха для основных технологических емкостей и для любых операций предварительной обработки, которые могут привести к токсичным выбросам в воздух. Большинство установок для обращения с отходами имеет действующие системы борьбы с выбросами в воздух, но тип и уровень контроля заметно отличаются.

### **3.6.2 Программа детектирования и устранения утечек**

#### Описание

Программа детектирования и устранения утечек (LDAR) для установок по обращению с растворителями и сходными летучими материалами может включать в себя:

а) идентификацию и по возможности количественное определение значительных неорганизованных выбросов в атмосферу от всех источников, оценка доли общих выбросов, которые вносят вклад в неорганизованные выбросы для каждого вещества

- b) использование непогружных объемных методов измерений в емкостях
- c) замена крышек фильтров при очистке фильтров
- d) хранение фильтрующей жидкости в герметичных емкостях
- e) хранение загрязненной воды, которая может стать потенциальным источником запаха, в закрытых емкостях
- f) использование хранения в бочках (см. Раздел 4.1.4.2)
- g) обеспечение регулярной очистки/отделения ила в емкостях, с использованием графика обслуживания во избежание крупномасштабной деятельности по борьбе с загрязнениями
- h) промывка емкости, если имеется вероятность повышения уровня запахов от загрузки. Промывная вода/сточные воды должны непосредственно сбрасываться в облегченные системы хранения перед открытием емкостей. Открытие емкостей возможно на минимально допустимый промежуток времени
- i) непосредственный мониторинг клапанов, уплотнений насосов и т.д. с использованием переносного оборудования для анализа органических паров с целью проверки утечек
- j) проведение деятельности по обслуживанию для определения любых детектируемых утечек, например, при замене уплотнения распределителя.

Достижимый положительный эффект

Определение утечек ЛОС из клапанов, насосов и других элементов трубопроводов.

Применимость

Пригодно для участков, где имеется большое количество элементов трубопроводов (например, клапанов), и процессов с участием значительного количества легких углеводородов (например, растворителей).

Экономика

Затраты по обследованию определения утечек и связанного с этим ремонта могут быть частично скомпенсированы экономией за счет снижения материальных потерь в воздух. Экономия зависит от ценности теряемого материала.

### **3.6.3 Циклоны**

Описание

Во всех типах циклонов используются центробежные силы для отделения твердых частиц и жидких капель от дымовых газов. Циклонные фильтры используются для удаления более тяжелых частиц, которые "оседают", так как дымовые газы вовлекаются во вращательное движение перед тем, как они снова покинут сепаратор. Существует две формы, например, циклон или мультициклон. Последний позволяет сепарировать мелкодисперсную пыль.

Достижимый положительный эффект

Циклоны являются эффективными для удаления частиц с размерами >10 мкм. Они не являются эффективными для частиц с размерами <10 мкм, для которых, таким образом, могут потребоваться дополнительные меры, например, рукавные фильтры. Некоторые преимущества использования циклона включают в себя:

- эффективность в большом диапазоне концентраций
- собранная пыль может повторно использоваться в процессе.

Воздействия на окружающую среду

Циклоны создают падение давления в потоке газа, из-за чего требуется большее потребление энергии для преодоления этого падения, и, поэтому, возрастают общие выбросы. Повышенный износ от абразивной пыли.

Эксплуатационные особенности

Циклоны являются относительно надежными. Рабочие условия включают в себя:

- мониторинг рН, расхода и уровня раствора в скруббере и падения давления в скруббере (мониторинг падения давления с аварийной сигнализацией)
- необходимо периодически контролировать концентрации на выходе при различных условиях эксплуатации.

Применимость

Этот способ можно использовать только в сочетании с рукавным фильтром. Он не эффективен при сепарации малых частиц.

Экономика

Циклоны относительно дешевы.

Примеры установок

Циклоны используются при подготовке топлива из опасных отходов, когда они используются в смесительном сосуде как часть процесса стабилизации. Они используются также для очистки отходящих газов на установках для физико-химической переработки.

### **3.6.4 Электростатические пылеуловители (ESP)**

Описание

Электростатические пылеуловители используют высокое напряжение для притягивания и удаления твердых частиц из отходящих газов. Имеется два различных вида работы: например, сухой, который связан со сбором пыли на электродах под влиянием электрического поля, и мокрый, который представляет собой то же самое, за исключением того, что электроды чистятся для повышения эффективности.

Достижимый положительный эффект

Снижаются выбросы твердых частиц. Высокая эффективность, как для грубых, так и для малых частиц. Эффективность при высоких температурах и эффективность для сбора жидких частиц.

Применимость

Этот способ не пригоден для органических частиц вследствие высокого риска взрыва, который связан с ними.

Примеры установок

Используется для очистки отходящих газов установок для физико-химической переработки.

### **3.6.5 Рукавные фильтры**

Описание

Создание препятствия отделяет пыль от дымовых газов. Твердые частицы улавливаются тканым материалом, в то время как газ может протекать через него. Эффективность фильтра можно повысить с помощью предварительного покрытия ткани фильтра перед его подключением в систему.

Достижимый положительный эффект  
 высокая эффективность сбора, как для грубых, так и для мелких частиц  
 эффективность в большом диапазоне концентраций  
 собранную пыль можно повторно использовать в процессе  
 высокая эффективность сбора при высоких температурах, если используются специальные материалы, например, тефлон.

Таблица 3.46 ФИЛЬТРАЦИЯ ПЫЛИ С ПОМОЩЬЮ РУКАВНОГО ФИЛЬТРА

Характеристики	Рукавный фильтр
Расход на входе (м <sup>3</sup> /ч)	1000-50000
Концентрация на входе (мг/м <sup>3</sup> )	100-5000
Концентрация на выходе (мг/м <sup>3</sup> )	<10
Риски	Взрыв
Потребление (на тонну производимого топлива из отходов)	
Электроэнергии (кВт-час)	2,5-3,5
Топочного газа (л)	-
Реагентов (кг)	-
Остатки	
Затраты (евро/т топлива, произведенного за год)	
Инвестиционные затраты	До 4
Эксплуатационные затраты	0,15
Затраты на обслуживание	0,1

#### Воздействия на окружающую среду

Циклоны и рукавные фильтры создают падение давления в газовом потоке, вследствие чего требуется повышенное потребление энергии для преодоления этого падения, и, поэтому, приводит к повышенным общим выбросам. Основным источником опасных отходов в ряде отраслей промышленности является пыль, выделяющаяся из оборудования для очистки дымовых газов (например, из рукавного фильтра). Как и с системами канализации, обычные устройства для сбора пыли используются в различных производственных зонах, результатом чего является смешивание различных типов пыли, и, тем самым, создают препятствия рециклингу. В некоторых случаях могут быть сделаны модификации устройств для сбора пыли, таким образом, что каждый различный источник отходов направляется в различное отделение, тем самым, предотвращая смешивание различных типов отходов и повышая потенциал рециклинга.

#### Эксплуатационные особенности

На месте образования очистку можно обеспечить с помощью сжатого воздуха, противоточного движения воздуха или механического перехвата. Надежность в значительной степени зависит от материала фильтра. Рукавные фильтры могут создавать риск взрыва. Рукавные фильтры оснащены системой мониторинга падения давления, включая аварийную сигнализацию, с измерением концентраций на входе и выходе. Давление часто используется как текущий идентификатор для анализа концентрации. Время от времени, однако, проводится лабораторный контроль концентрации на выходе для того, чтобы количественно определить выбросы. Для мониторинга технических характеристик можно использовать измеритель непрозрачности (дыма) или детектор столкновения частиц. Имеется необходимость действующей программы для регулярной очистки фильтров.

#### Применимость

Применяются, как для неорганизованных выбросов, так и для выбросов в воздух от точечного источника. Рукавные фильтры обычно используются как вторичные или третичные устройства для очистки в сочетании с циклоном или сухим скруббером, размещенным перед фильтрами. Рукавные фильтры обычно не годятся для использования в очень влажных потоках или в потоках, которые имеют кислотные, смолистые или клейкие характеристики. Это связано с негативными воздействиями тканевого "связывания" и проблемами прилипания.

#### Примеры установок

Рукавные фильтры используются при подготовке топлива из отходов. Они также используются в емкостях для смешивания в процессе стабилизации при производстве аэрозольных баллончиков (например, для удаления пыли) и для очистки отходящих газов на установках для физико-химической переработки.

### ***3.6.6 Пластинчатые сепараторы***

#### Описание

В пластинчатых сепараторах поток воздуха протекает через несколько параллельных пластинок, которые имеют выпуклости, вынуждающие поток воздуха изменять свое направление. Вследствие инерции частиц они сепарируются в пылесборнике и отделяются от потока воздуха.

Достижимый положительный эффект

Снижаются выбросы твердых частиц.

#### Применимость

Пластинчатые сепараторы применяются только для сепарации грубых частиц пыли.

### ***3.6.7 Адсорбция***

#### Описание

В процессах адсорбции загрязняющие вещества удаляются из потока отходящих газов и адсорбируются определенным адсорбентом. Когда достигается определенная производительность адсорбента, адсорбируемые загрязняющие

вещества десорбируются для того, чтобы была возможность повторного использования адсорбента. Десорбция обычно проводится горячим потоком воздуха, объем которого значительно меньше, чем поток отходящего газа. Сконцентрированные десорбированные вредные газы удаляются на дальнейшей стадии очистки.

Адсорбция основана на принципе активных центров в пористой матрице. Различные адсорбенты можно различать главным образом по их способности адсорбировать воду. Таким образом, их можно разделить на гидрофильные и гидрофобные адсорбенты.

Недавно были разработаны установки для очистки газов с низким содержанием растворителей. Они основаны на новых адсорбирующих материалах, обладающих высокой и механической стабильностью, способных адсорбировать при низких температурах и десорбироваться при заданной температуре. Концентрированные растворители можно затем сжигать без дополнительного топлива по месту.

Хотя активированный уголь является самым распространенным адсорбционным материалом, другие альтернативы включают в себя силикагель, оксид алюминия и цеолиты. При очистке дымовых газов адсорбция производится с использованием фильтра из активированного угля. Активированный уголь имеет множество очень маленьких пор, которые создают большую площадь поверхности. Обычный активированный уголь имеет площадь поверхности от 600 до 1200 м<sup>2</sup>/г. Отходящие газы могут очищаться с помощью загрузки из активированного угля или с помощью инъекции активированного угля в поток воздуха с последующим отделением в рукавном фильтре.

Достижимый положительный эффект

Некоторыми выгодами этого способа являются:

- применимость для широкого набора компонентов
- отработанный активированный уголь можно утилизировать несколько раз или можно использовать в качестве топлива
- адсорбция на активированном угле обладает сходной эффективностью с термическими окислителями, но при этом меньше риск вспышки.

**Таблица 3.47 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ АДсорбЦИИ**

Характеристики	Уровень
Диапазон расходов на входе (нм <sup>3</sup> /ч)	<50000
Концентрация ЛОС на входе (г/нм <sup>3</sup> )	<0,5
Концентрация ЛОС на выходе (мг/нм <sup>3</sup> )	40-110
Потребность в предварительной очистке от пыли	да
Риски	Быстрое насыщение
Остатки	
Потребление (на тонну топлива, произведенного из отходов)	

Характеристики	Уровень
Электроэнергия (кВт-час)	25-75
Топливо/газ (кВт-час)	-
Другие виды топлива или биогаз	
Реагенты (кг)	0,1-0,5 г/ЛОС (для активированного угля)
Затраты	
Инвестиционные затраты (евро/т производительности)	10-30
Эксплуатационные затраты (евро/т топлива, произведенного из отходов)	
Электроэнергия	1,65
Топливо/газ	1-3
Другое	0
Затраты на обслуживание (евро/т топлива, произведенного из отходов)	0,5

Выбросы ЛОС из угольной ловушки (хлорированные растворители) составляют 8-32 мг/нм<sup>3</sup> или 215 кг/год, когда очищаются отработанные масла.

Воздействия на окружающую среду

Ограниченная эффективность вследствие неполного улавливания некоторых органических молекул. Могут также быть риски пожара и взрыва. При этом методе улавливаются, но не разрушаются органические соединения. Необходимо дальнейшая очистка насыщенных угольных фильтров.

Эксплуатационные особенности

Подавление выбросов может легко стать перегруженным, и, следовательно, неэффективным. Использование активированного угля для улавливания ЛОС, которые появляются главным образом в объектах для хранения. Адсорбционная способность активированного угля зависит от природы конкретных ЛОС, но она ограничена максимумом в 300 г/кг активированного угля. Можно отметить некоторые положительные аспекты:

- простота конструкции
- стабильность с течением времени
- приемлемость высоких концентраций
- при некоторых (высоких) концентрациях ЛОС адсорбция является экзотермической, и необходимо вести контроль процесса во избежание пожара/взрыва.

Ожидается, что срок службы угля, используемого в борьбе с загрязнениями при хранении на объектах для переработки отработанных масел. Это связано с тем, что при этом применении уголь локализован и нет потерь при перемещении.

Если применяется фильтр из активированного угля, отработанный воздух сначала должен быть очищен от пыли, так как пыль может вызвать забивание, и это может привести к росту градиента давления.

Адсорбирующая способность адсорбентов находится под влиянием ряда факторов:

- физико-химических свойств веществ, которые должны адсорбироваться (в особенности точка кипения)

- концентрации вещества
- конкурирующей адсорбции других веществ
- совместной адсорбции воды
- температуры адсорбции
- пористой структуры и размера внутренних поверхностей адсорбента.

#### Применимость

Адсорбция углем используется для снижения выбросов ЛОС, запаха и неорганизованных выбросов. Адсорбция углем обычно используется как технология подавления выбросов для местных пунктов экстракции, например, при складывании отходов и в местах отбора проб. Следует проявлять предосторожность во избежание того, чтобы поток воздуха становился влажным, так как в силу полярной природы обычных адсорбентов будут предпочтительно адсорбироваться пары воды. По этой причине адсорбция углем не годится для борьбы с выбросами в атмосферу от нагреваемой емкости для регенерации отработанных масел.

Имеется несколько различных применений для активированного угля, например, активированный уголь применяется для очистки и удаления следовых органических загрязняющих веществ из жидких и парообразных отходов.

Системы адсорбции углем часто используются при экстракции паров из почвы, но они могут быть дорогими при применении, и обычно не приемлемы для газовых потоков с высокой влажностью. Они также являются обычными при очистке выбросов в воздух при промывке почвы, экстракции растворителем из почвы, при промывке почвы, переработке аэрозольных баллончиков, на установках биологической очистки и установках для физико-химической переработки (например, для адсорбции летучих компонентов).

Адсорбция углем не годится для высоких концентраций или небольших молекул, или если присутствует пыль. Кроме того, адсорбция углем не может применяться для некоторых молекул, например, ацетона.

#### Экономика

Следует отметить некоторые моменты:

низкие эксплуатационные расходы для низких концентраций ЛОС  
дополнительные затраты для обновления активированного угля.

В следующих двух таблицах (табл. 3.48 и 3.49) приведены данные о затратах для адсорбции.

**Таблица 3.48 КАПИТАЛЬНЫЕ ЗАТРАТЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ВЫБРОСОВ ЛОС ОТ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ ПРИ ВЫЕМКЕ ГРУНТА**

Обработка	Максимальный расход (нм <sup>3</sup> /ч)	Капитальные затраты (долл.)
Адсорбция углем (регенеративная)	170	20000a
	400	24000a
	800	33000a
	1770	12000b

Угольные фильтры	160	700
	800	8000с
	1600	6000
	6400	23000с
	160	50000

а включены вентиляторы, влагоуловители, системы управления, датчики, клапаны и расходомеры

б включены вентиляторы, гибкие удлинители и заслонки

с Установки с глубоким слоем.

**Таблица 3.49 ЗАТРАТЫ НА КОНТРОЛЬ ВЫБРОСОВ В ВОЗДУХ ОТ ОБЫЧНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ РЕЦИКЛИНГА**

Технические характеристики		
Производительность	10000 т/год	
Типы масел	Отработанные смазочные масла	
Тип процесса	Периодический	
Расход отходящих газов	0-50 нм <sup>3</sup> /ч	
Возраст установки	10 лет	
Возраст оборудования для борьбы с выбросами	2 года	
Возможные способы контроля	Капитальные затраты	Эксплуатационные затраты (фунтов стерлингов)
Бочки с активированным углем*	Низкие	1100

\* Принято наличие трех бочек на 60 кг на участке, требующих перестановки три раза в год

### Примеры установок

Приготовление топлива из опасных отходов. В настоящее время нет опыта эксплуатации установок для механико-биологической обработки (МБТ).

## 3.6.8 Конденсация

### Описание

ЛОС можно удалить путем конденсации с помощью жидкого азота или других охлаждающих агентов (например, охлаждающей воды). Конденсатор представляет собой сосуд с встроенным теплообменником, в котором газ охлаждается для перехода в жидкую фазу (т.е. конденсацию). Утилизация ЛОС с помощью азотной криогенной конденсации растворителей (-130°C). Больше информации по этой проблеме можно найти в BREF для Крупнотоннажного производства продуктов органической химии (LVOС) и для Очистки обычных сточных вод и отходящих газов/системы управления в химическом секторе (CWW).

Достигаемый положительный эффект

Конденсированные ЛОС можно утилизировать. Достижимые выбросы ЛОС могут быть столь малыми, как 10-50 г/ч. Можно достичь эффективности 99,3%. Выбросы хлороформа могут быть 20 мг/нм<sup>3</sup>. Азот повторно используется для других целей на установке.

Таблица 3.50 ДАННЫЕ О КОНДЕНСАЦИИ С ПОМОЩЬЮ ЖИДКОГО АЗОТА

Характеристики	Значение
Диапазон расходов на входе (нм <sup>3</sup> /ч)	<100
Концентрация ЛОС на входе (г/нм <sup>3</sup> )	2-500
Эффективность (%)	>95
Необходимость предварительного удаления пыли	нет
Остатки	нет
Потребление (на тонну топлива, произведенного из отходов)	
Электроэнергия (кВт-час)	25
Топливо/газ (кВт-час)	-
Др. виды топлива или биогаз	
Реагент (кг)	Азот
Затраты	
Инвестиционные затраты (евро/т производительности)	20-60
Эксплуатационные затраты (евро/т топлива, произведенного из отходов)	2-6
Затраты на обслуживание (евро/т топлива, произведенного из отходов)	<0,5

Воздействия на окружающую среду

Потребление азота и электроэнергии. Могут происходить прямые выбросы азота, загрязненного другими соединениями.

Эксплуатационные особенности

Чувствительность к наличию воды. Присутствие водяных паров в воздухе может заблокировать систему, а вода будет конденсироваться до льда, который может затем обледенить системы потоков. Затем необходим период оттаивания. Потребление азота 18 кг/т утилизируемого растворителя. Устраняются риски безопасности. Простой контроль температуры и давления.

Применимость

Используется в случаях, когда только относительно небольшие объемы необходимо очищать, и когда имеется жидкий азот, а концентрация ЛОС довольно высокая. Эта технология имеется для стабильных объемов и составов. Применения обычно включают в себя очистку выбросов от регенерации масел в нагреваемых емкостях, которая также включает в себя утилизацию компонентов масла. Конденсация может использоваться в качестве предварительной обработки для термического окисления, снижая потребность в топливе и общий размер требующейся окислительной колонны. Применима к расходам 50-100 нм<sup>3</sup>/ч и нагрузкам от 1 до 10 кг/ч. Легко применима к существующим установкам, и является очень гибкой для адаптации к изменениям расхода и концентрации.

На установках для физико-химической обработки летучие компоненты охлаждаются и конденсируются для их переработки.

Экономика

Обычно высокие эксплуатационные затраты. Эксплуатационные затраты 2 евро/т перерабатываемого растворителя для конденсатора с жидким азотом.

**Таблица 3.51 ЗАТРАТЫ НА КОНТРОЛЬ ВЫБРОСОВ В ВОЗДУХ ОТ ТИПОВОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ РЕЦИКЛИНГА МАСЛА**

Технические характеристики		
Производительность	10000 т/год	
Типы масел	Отработанные смазочные масла	
Способ работы	Периодический	
Расход отходящих газов	0-50 нм3/ч	
Возраст установки	10 лет	
Возраст оборудования для борьбы с выбросами	2 года	
Возможные способы контроля	Капитальные затраты (фунтов стерлингов)	Эксплуатационные затраты (фунтов стерлингов)
Гликолевый охладитель	30000	8000

Ограничения в применении

Требования безопасности.

Примеры установок

Приготовление топлива из опасных отходов и утилизация растворителей. На примере установки для регенерации отработанных масел, установки обезвоживания и слива горючего используют воздухоохлаждаемые конденсирующие теплообменники для утилизации пара. При вакуумной дистилляции для утилизации пара используют конденсаторы масла и охлаждающей воды. Затем пар и неконденсированные потоки направляются в технологический нагреватель для разрушения органики и любых пахучих веществ, которые могут присутствовать. В ЕС имеется, по крайней мере, восемь установок.

### **3.6.9 Временные и долговременные вспененные материалы**

Описание

В наличии имеется, по крайней мере, шесть типов вспененных продуктов. Вспененные материалы различные по своей совместимости и эффективности для различных классов загрязняющих веществ. Специализированное оборудование имеется для применения вспененных материалов для больших поверхностей. Вспененные материалы применяются до глубины 15-76 мм, при скоростях покрытия до 100 м<sup>2</sup>/мин. Жидкий вспененный концентрат применяется с помощью аспирационных распылителей с соплом или желобом. Степень расширения (т.е. количество литров вспененного материала, произведенного из одного литра жидкого концентрата) можно классифицировать как высокую (250:1), низкую (20:1) или среднюю.

Используется два обычных типа вспененных материалов: временные и долговременные. Временные вспененные материалы обеспечивают покрытие до часа, за которое 25% или больше жидкости, вводимой в пену, будет выделяться. Долговременные вспененные материалы содержат стабилизирующую добавку для продления полезного срока службы вспененного материала до дней или даже недель.

### Достижимый положительный эффект

Снижение выбросов ЛОС. Эффективность вспененных материалов довольно высокая для мест, которые имеют покрытие. Кратковременное снижение выбросов на 75-95% для общих парафинов и общих ароматических соединений, соответственно, было определено в полевых испытаниях в течение более 20 мин. Снижение выбросов общих ЛОС на 99-100% с использованием стабилизированного вспененного материала было определено при полевых испытаниях в течение более 24 часов.

Двумя основными преимуществами вспененных материалов является то, что они могут быть очень эффективными и могут применяться непосредственно для загрязненной почвы.

### Воздействия на окружающую среду

У вспененных материалов имеется несколько недостатков. Толстые слои вспененных материалов, требующиеся для контроля выбросов, можно применять более эффективно для горизонтальных поверхностей, нежели чем для вертикальных поверхностей, таких как боковые стороны выкопанной ямы. Неполное покрытие эмитирующих поверхностей будет заметно снижать эффективность контроля. Так как концентрат вспененных материалов обычно имеет более 90% воды, добавка этой воды к почве будет повышать вес почвы, что затруднит проведение работ, и она будет меньше поддаваться термической обработке. Вспененные материалы трудно применять в ветреные дни, и при некоторых других условиях, может быть необходимым частое применение или повторное применение вспененных материалов.

### Применимость

Модифицированные огнетушительные пены обычно используются для контроля выбросов ЛОС в течение ремедиации участков с опасными отходами, в которых содержатся летучие токсичные компоненты.

## 3.6.10 Биофильтры

### Описание

“Биофильтр” – это общее обозначение, охватывающее все процессы биологического окисления, имеющие место в системе с наполнителем. Они включают в себя обычные биологические фильтры, биоскрubberы (микробная популяция, находящаяся в скрубберном растворе) или биослои (система с наполнителем, в которой используется почва, торф или древесная кора).

Биофильтр состоит из устройства, заполненного разлагаемым материалом, таким как компост, древесная кора или смесь дерна и вереска и т.д. Микроорганизмы (грибы, бактерии, вирусы и водоросли) обитают в этом материале. Поток отработанного воздуха проходит через материал, в то время как микроорганизмы разлагают вредные вещества. Вода и поток воздуха обычно протекают противоточно. Биофильтр не является фильтром в обычном смысле (т.е. его применение не приводит к разделению частиц), но это реактор, в котором определенный набор вредных веществ подвергается метаболизму до безвредных ве-

ществ. Желаемые качества биофильтров отражены в табл. 3.52.

Таблица 3.52 КАЧЕСТВА СРЕДЫ БИОФИЛЬТРА

Характеристики	Описание
Фильтровальная среда	Биологически активная, но в достаточной степени стабильная
	Содержание органического вещества >60%
	Сыпучесть с 75-90% пористости
	Устойчивость к подтоплению и уплотнению
	Относительно низкое содержание мелких частиц для снижения потери давления газа
	Относительное отсутствие остаточного запаха
Влагосодержание	Для достижения упомянутых характеристик могут быть желательными специально подготовленные смеси материалов
	50-80% по весу
Питательные вещества	Должна быть предусмотрена добавка воды и удаление дренажного слоя
	Количество должно быть адекватным, не вызывая ограничений
pH	Обычно не бывает проблем с газами аэробного перегнивания вследствие высокого содержания NH <sub>3</sub>
	7-8,5
Температура	Близкая к окружающей, 15-35 или 40оС
Предварительная подготовка газа	Доказано, что полезным может быть увлажнение для того, чтобы достичь почти 100%-ной влажности газа на входе
	Могут быть удалены пыль и аэрозоли во избежание закупоривания среды, но для большинства биофильтров это не проблема (если только они не имеют слоя ткани на дне)
Скорость подачи газа	<100 м <sup>3</sup> /ч-м <sup>3</sup> , если только испытания не подтвердят более высокую загрузку
Время пребывания газа	30-60 с, если только испытания не подтвердят более короткого времени пребывания
Глубина среды	>1 м, <2 м
Способность удаления	Зависит от среды и соединения (обычно в диапазоне 10-160 г.м <sup>3</sup> /ч)
Распределение газа	Коллектор необходимо должным образом спроектировать для обеспечения равномерного потока газа в среде

В отличие от биофильтра, в биоскрубберах микроорганизмы не находятся на органических материалах. Биомасса плавает квазисвободно в суспензии, которая впрыскивается в отходящие газы в противоток. Основное различие связано с тем, что абсорбция вредных веществ локализована и отделена от метаболизма.

На установке для переработки аэрозольных баллончиков отработанный воздух от различных работающих элементов подается через воздухопроницаемый слой фильтра с помощью вентиляции. В то время как поток воздуха проходит через слой фильтра, содержимое разлагается микроорганизмами, которые находятся в фильтре. Для обеспечения того, чтобы слой фильтра оставался проницаемым для воздуха, что важно для подачи кислорода воздуха для микроорганизмов, отходящие газы очищаются заранее с тем, чтобы твердые частицы (пыль) удалялись. Одновременно с очисткой увлажняются отходящие газы, что необходимо для предотвращения высыхания слоя фильтра. Биофильтр, таким обра-

зом, представляет собой анаэробный реактор с неподвижным слоем для биохимического разложения органических веществ. Биофильтр, например, с площадью 1800 м<sup>2</sup> может очищать отработанный воздух с расходом приблизительно 200000 м<sup>3</sup>/ч. Под биофильтром имеются вспомогательные места, которые используются установками для различных видов переработки (предусмотренная переработка и отгрузка). Эти места предназначены в качестве приемного лотка. Помимо этого, имеется стационарная установка пенного пожаротушения.

Достижимый положительный эффект

Снижение образования запахов и выбросов ЛОС от природных соединений и от синтеза неорганических соединений (например, H<sub>2</sub>S и NH<sub>3</sub>), ароматических и алифатических соединений (например, кислот, спиртов, углеводов). Другие соединения, которые могут разлагаться, являются не хлорированными растворителями, меркаптанами, аминами, амидами, альдегидами и кетонами. Производительность переработки варьируется от 50 до 150 нм/ч/м<sup>3</sup> в зависимости от типа загрязняющего вещества.

Таблица 3.53 ЭФФЕКТИВНОСТЬ БИОФИЛЬТРОВ ПРИ ОЧИСТКЕ ОТХОДЯЩИХ ГАЗОВ НА МВТ

Вещество (группа)	Концентрация на входе (мг/нм <sup>3</sup> )	Концентрация на выходе (мг/нм <sup>3</sup> )	Эффективность биофильтра (%)
Альдегиды, алканы			75
Спирты			90
АОХ, ароматические углеводороды (бензол)			40
Ароматические углеводороды (толуол, ксилол)			80
NMVOС			80
Диоксины/фураны			40
Запах			95-99
NMVOС (значения в общем углеводе)	30-70	10-40	80

Эффективность удаления биофильтра определяется временем пребывания газа в фильтрационном слое. Эффективное время пребывания обычно варьируется от 30 до 60 с для большинства применений аэробного сбраживания. В исследованиях сообщались более высокая эффективность удаления для определенных соединений, таких как H<sub>2</sub>S (>99%), метилмеркаптан, диметилдисульфид (>90%) и различные терпены (>98%).

Эффект для окружающей среды включает в себя низкую потребность в энергии и отсутствие потенциального переноса загрязняющих веществ между средами. Измерения при практическом применении биофильтров на установках для физико-химической переработки показали результаты приблизительно 95-98% разрушения органических растворителей, при концентрациях в отработанном очищаемом воздухе от 400 до 1600 мг/нм<sup>3</sup>.

На установках для биологической обработки газы с неприятным запахом должны подаваться через скруббер (например, кислотный мокрый скруббер), в котором содержание аммиака снижается до приемлемого уровня для биофиль-

тра. Биофильтр удаляет запахи и любой остающийся аммиак. Процесс фильтрации не сопровождается образованием каких-либо соединений, которые были бы вредными для окружающей среды, и после использования фильтр можно обработать с помощью компостирования, и дополнительные отходы не должны образовываться. Уровни аммиака и запаха после очистки меньше 1 мг/м<sup>3</sup> и 1000-6000 оуЕ/м<sup>3</sup> (90% снижение), соответственно.

В табл. 3.54 и 3.55 показана эффективность биофильтров, применяемых для МВТ

**Таблица 3.54 ДИАПАЗОН КОНЦЕНТРАЦИЙ ДЛЯ НЕКОТОРЫХ ПАРАМЕТРОВ ОТРАБОТАННОГО ВОЗДУХА ОТ МВТ, ПОКАЗЫВАЮЩИЙ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЗАДЕРЖАНИЯ БИОФИЛЬТРОМ ЭТИХ СОЕДИНЕНИЙ**

Параметр	Концентрация (мкг/м <sup>3</sup> )	Эффективность (%)	Концентрация (мкг/м <sup>3</sup> )	Эффективность (%)	Концентрация (мкг/м <sup>3</sup> )	Эффективность (%)
	миним. – макс.	миним. – макс.	миним. – макс.	миним. – макс.	миним. – макс.	миним. – макс.
Ацетальдегид	2100-2500	78-89	46-740	89-96	4900-6100	99
n-бутилацетат	150-425	97-99	30-120	83-96	170-980	73-99
Этилбензол	250-310	12-42	60-190	27-61	250-470	16-43
2-этилтолуол	180-220	33-41	25-105	14-89	80-270	25-55
3, 4-этилтолуол	480-640	23-45	70-260	38-96	230-1000	48-77
Лимонен	1700-4300	29-40	810-2200	94-98	1300-3700	30-63
Толуол	490-550	16-39	130-280		460-1000	7-36
m/p-ксилол	850-1400	9-42	280-620	30-71	720-2000	19-45
o-ксилол	260-290	23-41	60-150	7-63	160-650	20-45
Ацетон	2450-2900	99-100	1200-2800	99-100	4700-8200	93-97
2-бутанон	960-2800	99-100	80-770	94-99	370-11000	95-100
Этанол	5200-5300	100	88-750	94-99	14000-18000	100
Альфа-пинен	370-700	8-44	280-790	53-83	560-930	5-39
Бета-пинен	330-800	12-44	120-300	53-81	230-490	38-49

С помощью биологических процессов очистки отходящих газов можно снизить содержание вредных веществ в отработанном воздухе/отходящих газах от установок для переработки муниципальных отходов только в ограниченной степени (обычно NMVOC больше, чем 300 г/т отходов). В табл. 4.55 показаны некоторые результаты измерений от хорошо обслуживаемых биофильтров с предварительным увлажнением воздуха.

**Таблица 3.55 ЭФФЕКТИВНОСТЬ СЕПАРАЦИИ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ В БИОФИЛЬТРЕ**

Соединения в отработанном воздухе	Эффективность отделения (%)		
	Установка А	Установка В	Установка С
Ацетальдегид	-18 до -99	99	99
n-бутилацетат	83-96	73-99	97-99
Камфара	60-88	60-90	88-91
Дихлорметан	- 53-до -80	-300- до -33	43-62

Соединения в отработанном воздухе	Эффективность отделения (%)		
	Установка А	Установка В	Установка С
Диметилдисульфид	44-78	-55 до -89	10-31
2-гексанон	75-80	-	80-82
Нафталин	50-75	38-93	58-82
Фенол	-25- до -79	75-88	47-94
1, 4 –дихлорбензол	0-73	-1900- до -80	-130- до -13
Этилбензол	27-61	16-43	12-42
2-этилтолуол	14-89	25-55	33-41
3,4-этилбензол	38-96	45-77	23-45
Лимонен	94-98	30-63	29-40
Стирол	64-89	44-66	31-50
Толуол	29-50	7-36	16-39
m/p-ксилол	30-71	19-45	9-42
o-ксилол	7-63	2-45	23-41
Ацетон	99-100	93-97	94-97
2-бутанон	94-99	95-100	99-100
Этанол	94-99	100	100
Этилацетат	74-93	82	97-99
Альфа-пинен	59-83	5-39	8-44
Бета-пинен	53-81	38-49	12-44
Бензол	0-17	-	0-20
Трихлорэтан	-108 до -3	67-90	20-46

Сочетание увлажнения воздуха и биофильтров может дать различные возможности очистки органических веществ первой и второй группы.

В табл. 3.56 приведено резюме нынешних результатов измерений очистки газов с помощью биофильтра на установке для переработки аэрозольных баллончиков. Отметим, что другие потоки отработанного воздуха после процесса очистки поступают в установку для высокотемпературного сжигания.

**Таблица 3.56 НЕОЧИЩЕННЫЙ ГАЗ И ГАЗ, ОЧИЩЕННЫЙ С ПОМОЩЬЮ БИОФИЛЬТРА, НА УСТАНОВКЕ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ АЭРОЗОЛЬНЫХ БАЛЛОНЧИКОВ**

Компонент	Средняя концентрация в неочищенном газе	Средняя концентрация в очищенном газе
Общий углерод (FID) <sup>13</sup>	206	49
СНС/СFC (хлорированные углеводороды/хлорфторуглероды)	9,69	8,17
Бензол	1,07	0,35
Ароматические соединения	35,4	8,07
Сложные эфиры/спирты	80,8	0,57

Результаты данных за 2003 г. в мг/м<sup>3</sup>

<sup>13</sup> Пламенно-ионизационный детектор

Воздействия на окружающую среду

Выбросы  $N_2O$  и  $NO$  обычно возрастают. Однако было продемонстрировано, что использование кислого скруббера для удаления аммиака ( $NH_3$ ) перед тем, как с помощью биофильтрации можно снизить потенциал выбросов  $N_2O$  и  $NO$ . Биофильтр не способствует ни биоразрушению метана, ни его образованию. Терпены образуются самим биофильтром и появляются вследствие разрушения любых древесных материалов в среде биофильтра. Некоторые авторы ставят вопрос, действительно ли биофильтры способствуют снижению выбросов ЛОС, поскольку, как они утверждают, в действительности биофильтр становится причиной образования ЛОС.

Степень разложения исследованных биофильтров на установках МВТ для единичных соединений не так высока, как для некоторых специальных применений в промышленности (80% или >90%). Для не метанового ТОС (общего органического углерода) средняя эффективность достигает только 40-70%. Для метана эффективность близка к 0%. Эффективность разложения для единичных соединений в отходящих газах от установок МВТ имеет хорошие значения для NMTOC (например, ацетона, ацетальдегида, лимонена и этанола), умеренные значения для ВТЕХ и нет снижения для СФС.

Частично низкая эффективность разложения для  $NH_3$  также и с потенциальным ингибированием разложения углерода может быть улучшена с помощью использования кислотных скрубберов (например, серная кислота для абсорбции аммиака) вместо нейтральных скрубберов. Выбросы  $NH_3$  должны быть минимизированы не только потому что они с запахом, но также и потому что в биофильтре близкое отношение  $C/N$  в отработанном воздухе может привести к образованию  $NO$  и  $N_2O$ .

Эксплуатационные особенности

Биофильтры обычно представляют собой пористый материал с толщиной один метр. Материал, используемый в биофильтре, обычно является смесью зеленого компоста, обычно размещаемого на определенной конструкции. Эти системы очень легко строить и легко управлять. Высокие пористость (80-90%), влажность (60-70%), рН, температура и время контакта между питательными веществами должны контролироваться для достижения хороших характеристик биофильтра. Влажность в биофильтре может поддерживаться с помощью специальной водной системы или увлажнения газа для очистки перед тем, как он пройдет через биофильтр.

Удаление NMVOC в биофильтрах в сильной степени зависит от температуры (например, погодные условия), которая может снизить эффективность биофильтра.

В некоторых случаях материалы, используемые для среды биофильтра, могут не удовлетворять полностью потребностей микроорганизмов во всех необходимых питательных веществах, которые могли бы значительно повысить эффективность биофильтра.

Падение давления меньше, чем 50 мм вод. ст. Поверхностная нагрузка на еди-

ницу площади биофильтров не должна превышать приблизительно  $80 \text{ м}^3/\text{м}^2 \text{ ч}$ .

Некоторые рассматриваемые проблемы включают в себя:

- поступающий воздух должен иметь относительную влажность  $>90\%$  (для этого может потребоваться использование увлажнителя воздуха)
- твердые частицы должны удаляться
- горячие газы необходимо охлаждать ближе к температуре оптимальной активности для аэробных микроорганизмов, обычно от  $25$  до  $35^\circ\text{C}$ , и необходимо учитывать потенциальный рост температуры поперек слоя до  $20^\circ\text{C}$
- основные рабочие параметры, такие как температура отходящих газов и противодавление, должны контролироваться ежедневно
- влагосодержание в фильтрах необходимо регулярно контролировать
- должна иметься аварийная сигнализация о низкой температуре для предупреждения о замерзании, которое может привести к повреждению фильтра и может воздействовать на рост микробов
- среда фильтра должна поддерживаться для возможности быстрого равномерного потока воздуха, без какого-либо падения давления
- среда должна удаляться, когда она начнет распадаться, таким образом, воздействуя на воздушный поток (древесная кора менее стойкая, чем, например, вереск)
- выбор среды и поддерживающей системы оказывает воздействие на потребляемую мощность для поддержания воздушного потока. Кроме того, требуется энергия для преодоления сопротивления слоя, которая составляет самую большую статью эксплуатационных затрат
- необходимо рассмотреть воздействие потери биомассы вследствие введения токсичных соединений, и разработать для такой ситуации соответствующую процедуру.

Даже в случае оптимизации (комбинации с биоскрубберами вместо водных скрубберов) невозможно надежно достичь низких выбросов. В отношении воздействия запахов можно достичь значительного снижения (останется только запах самого фильтра), если будет проводиться кондиционирование отработанного воздуха.

В случае очистки дымовых газов от аэробного разложения остаток сбраживающего, образующийся при анаэробной обработке, концентрация аммиака будет довольно высокой ( $>30 \text{ мг}/\text{м}^3$ ), и тогда необходимо проводить предварительную химическую обработку дымовых газов перед направлением их в биофильтр.

#### Применимость

Биофильтры применяются для больших объемов потоков отходящих газов, которые несут низкие органические нагрузки, но которые имеют интенсивный запах. Концентрации компонентов, для которых требуется очистка, должны быть относительно стабильными для надлежащего функционирования. На участках для обработки отходов были установлены биослои для подавления выбросов с запахами. Применимо ко всем типам сооружений для очистки сточных вод.

Биофильтры используются для очистки отходящих газов на установках

для переработки аэрозольных баллончиков, термической дистилляционной сушки осадков, в установках биологической обработки (МВТ) и установках для физико-химической переработки. На установках для физико-химической переработки биофильтры используются для адсорбции летучих компонентов из компостируемого материала и для биологического разложения адсорбированных компонентов с помощью микроорганизмов в компостируемом материале. Если биофильтр подсыхает, отработанный воздух, который очищается, должен увлажняться.

Биофильтры пригодны только для потоков отходящих газов с низким уровнем загрязнения, и, таким образом, они используются только для очистки потоков отработанного воздуха в помещениях. Очистка дымовых газов с помощью биофильтров или биологическая очистка, проводимая на установках для анаэробного сбраживания, как было доказано, является перспективной.

#### Экономика

Биофильтрация и биоскрубберы имеют более низкие эксплуатационные затраты, чем многие другие технологии борьбы с воздушными выбросами для переработки биоразлагаемых органических загрязнителей с низкими концентрациями. Биоскрубберы имеют более высокие затраты на обслуживание. Очистка газовых потоков с расходом более, чем 1500 нм<sup>3</sup>/ч считается рентабельной. Инвестиционные затраты составляют 550000 евро для биофильтра, применяемого для удаления запахов с сооружений для очистки сточных вод с расходом 1800 нм<sup>3</sup>/ч.

Таблица 3.57 ПОТРЕБЛЕНИЯ И ЗАТРАТЫ НА ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОФИЛЬТРОВ

Характеристики	Величина
Диапазон расходов на входе (нм <sup>3</sup> /ч)	<100000
Концентрация ЛОС на входе (г/нм <sup>3</sup> )	<1
Эффективность	<90%
Потребность в предварительной очистке от пыли	Нет
Риски	Гибель микроорганизмов
Остатки	Да
Потребление (на тонну топлива, производимого из отходов)	
Электроэнергия (кВт-час)	15
Топливо/газ	-
Альтернативное топливо или биогаз	
Реагент (кг)	Древесная кора
Затраты	
Инвестиционные затраты (евро/т производительности)	10-20
Эксплуатационные затраты (евро/т топлива, производимого из отходов)	<1
Затраты на обслуживание (евро/т топлива, производимого из отходов)	<0,25

Ограничения в применении

Снижение уровня запахов. Правительства Германии и Австрии установили предельные значения для установок МВТ по воздействию запахов в 500 GE/нм<sup>3</sup> и для ЛОС (Австрия: 100 г/т обрабатываемых отходов, Германия: 55 г/т обрабатываемых отходов). Помимо этого, такие системы не могут достичь предельных значений для выбросов ТОС, требуемых некоторыми немецкими стандартами (например, меньше 55 г ТОС на тонну поступающих на МВТ отходов и для концентрации ТОС меньше, чем 20 мг/нм<sup>3</sup>).

Примеры установок

Широко используется в секторе. Применяется при очистке дымовых газов от установок биологической обработки, а также от физико-химической очистки сточных вод и иммобилизации. Широкое использование также имеет место в других промышленных секторах, таких как химическая промышленность, черная и цветная металлургия, пищевая промышленность и на установках для очистки сточных вод. В странах ЕС имеется много примеров использования биофильтров.

### **3.6.11 Мокрая газоочистка**

Описание

Адсорбционные способы обычно реализуются с помощью скрубберов. Такие способы включают в себя:

а) наличие системы газоочистки для основных неорганических газообразных выбросов (например, Cl<sub>2</sub>, SiCN, HCl, H<sub>2</sub>S, NH<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub>), органических соединений (например, ЛОС) и запахов от некоторых видов оборудования, перерабатывающих некоторые типы отходов (содержащих эти летучие соединения), которые имеют место выброса. В условиях сильно меняющихся выбросов установка вторичного скруббера для некоторых систем предварительной обработки может оказаться решением, если выбросы несовместимы или слишком сконцентрированные для основных скрубберов

б) правильная эксплуатация и обслуживание оборудования для борьбы с выбросами, включая управление и удаление отработанной скрубберной среды.

Распыление воды является обычно используемым методом борьбы с выбросами твердых частиц. Добавка химикатов для предотвращения выбросов пыли, таких как полимеры или акриловые смолы к воде повышает эффективность распыления.

Достижимый положительный эффект

Снижаются выбросы в воздух ЛОС, кислых газов, аммиака, твердых частиц и т.д. Возрастает эффективность адсорбции загрязняющих веществ вследствие контакта частиц с газом (что в особенности важно для удаления кислых газов с помощью инъекции соответствующих частиц в скруббер).

Воздействия на окружающую среду

Этот способ связан с образованием стоков и осадка, для которых требуется дальнейшая очистка.

При работе мокрых скрубберов образуются клубы пара. Выбросы из вентиляционных каналов должны быть достаточно горячими для предотвращения образования видимых клубов пара вблизи вентиляционного канала. Это нужно для предотвращения конденсации или адсорбции вредных для окружающей среды веществ при конденсации водяных паров. Отходящие газы из мокрого скруббера можно подогреть с помощью тепла отходящих газов для повышения температуры отходящих газов и для предотвращения немедленной конденсации на выходе из вентиляционных каналов. Эта процедура помогает также термическому растеканию клубов пара.

#### Эксплуатационные особенности

Обычно должен проводиться определенный мониторинг воздуха, либо на выходе из скруббера, либо на границе участка. Обычно мониторинг отходящих газов из систем газоочистки/фильтровальных систем бывает нерегулярным. Имеется предположение, что системы борьбы с выбросами годятся для этой цели и должны снижать выбросы до приемлемых фоновых значений. Место выроса может контролироваться раз в квартал или ежемесячно в отношении тех кислых газов, которые собираются.

В наличии должны быть установки для подачи воды и удаления стоков.

Условия мониторинга включают в себя:

- рН, расход и уровень раствора в скруббере и падение давления в скруббере
- мониторинг и аварийную сигнализацию падения давления
- периодический мониторинг концентрации на выходе в определенных условиях эксплуатации.

Имеется также необходимость в действующей программе регулярной замены абсорбента в абсорбционной установке.

#### Применимость

Пригодны для больших расходов, низких концентраций (например, 1-200 мг/м<sup>3</sup> ЛОС), потоков газа с низкой температурой и когда загрязняющие вещества являются химически активными (или растворимыми в случае загрязняющих ЛОС).

Эти способы обычно применяются для выбросов от точечного источника, относящихся к таким соединениям, которые являются результатом сбора газа из емкости или из определенного объема и которые проходят либо через систему борьбы с выбросами, либо непосредственно в дымовую трубу. Этот способ можно использовать для очистки отходящих газов, образующихся при загрузке резервуаров для хранения.

Кислотные скрубберы применяются для улавливания выбросов аммиака, выделяющихся в течение кислотной обработки при регенерации отработанных масел. Скрубберы с минеральными маслами используются также для улавливания ЛОС и запахов на установках для переработки отработанных масел.

Гипохлорит или перекись водорода могут использоваться для очистки от цианидов и для контроля запаха. Может использоваться двухстадийная система, например, щелочной и окислительный скрубберы, установленные по-

следовательно. Для эксплуатации этих систем необходимо иметь в наличии установки для подачи воды и удаления стоков. Имеется необходимость в наличии программы для регулярной замены абсорбента в адсорбционных установках.

Перманганат калия или гипохлорит могут использоваться как окислители для очистки от цианидных соединений.

#### Экономика

В табл. 3.58 приведено резюме затрат на газоочистку для контроля выбросов применительно к распределенным источникам, применяемым для выемки и удаления грунта.

**Таблица 3.58 РЕЗЮМЕ ЗАТРАТ НА ГАЗООЧИСТКУ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ВЫБРОСОВ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К РАСПРЕДЕЛЕННЫМ ИСТОЧНИКАМ, ПРИМЕНЯЕМЫМ ДЛЯ ВЫЕМКИ И УДАЛЕНИЯ ГРУНТА**

Способ борьбы с выбросами	Затраты на материал (долл./м2)	Комментарии
Распыление воды	0,001 (меняются)	Приняты затраты на стоимость муниципальной воды 1 долл./1000 л. Требуется постоянное повторное применение воды. Арендная плата за цистерну-водовоз: 500 долл./неделю
Добавки: Поверхностно-активные вещества	0,65	Затраты меняются в зависимости от используемых химикатов
Соли	2,58	
Битум/адгезивы	0,02	

250

#### Примеры установок

Практическое использование очистки отработанного воздуха от бака реактора со скрубберным раствором обычно связано с применением едкого натра. Процесс широко применяется в установках для физико-химической переработки (например, мокрая газоочистка). Используется как предварительная обработка, например, перед биофильтрами, для очистки отходящих газов на установках для биологической очистки.

С помощью процессов предварительной обработки можно отделять токсичные газы в свои собственные системы очистки, когда после скруббера они направляются в основную систему газоотвода на участке и с очисткой на установке водного раствора.

Как видно по Соединенному Королевству, все окислительные системы имеют свои собственные системы газоочистки, а остатки, как от окисления, так и от скрубберных растворов обрабатываются на основной установке. Когда установка имеет общую систему вытяжки на участок, выброс из окислительных скрубберов обычно происходит через основную систему газоочистки.

Щелочная очистка используется для очистки от сульфида водорода на установках для переработки отработанных масел.

### **3.6.12 Химическая газоочистка**

#### Описание

Химическая очистка отходящих газов может быть одно стадийной или многостадийной очисткой с использованием химикатов. До настоящего времени установки этого типа производились, например, как одностадийные или многостадийные устройства для очистки с материалом-носителем или с добавкой окислителя.

Достижимый положительный эффект

Скрубберы этого типа особенно пригодны для удаления отдельных компонентов (например, аммиака).

Воздействия на окружающую среду

Этот скруббер требуется для снижения выбросов соединений азота перед следующей очисткой. Многостадийные скрубберы отходящих газов (кислотно-щелочные) или очистка с  $H_2O_2$  могут использоваться только снижения концентрации некоторых компонентов (например, ЛОС) вследствие высоких концентраций в неочищенном газе, характерных в особенности при рециркуляционных методах очистки.

Применимость

Современным способом, используемым на установках для биологической обработки (МВТ), является сочетание кислотных скрубберов и термической регенеративной очистки отходящих газов. Выбросы очищенных отходящих газов проходят через дымовую трубу.

Ограничения в применении

Имеются сообщения, что концентрации очищенного газа, которые требуются правилами Германии, не могут быть достигнуты с использованием только этих систем.

Примеры установок

В настоящее время не имеется информации об их использовании как независимой стадии очистки на установках для механико-биологической обработки (МВТ). Вся информация в этом разделе корреспондируется с опытом работы установок других типов.

### **3.6.13 Окислительные процессы низкой интенсивности**

#### Описание

Среди процессов с низкой окислительной интенсивностью используются процессы ионизации и ультрафиолетовой обработки. Они основаны на принципе, что иногда адсорбция единичных атомов кислорода или ОН радикалов может значительно снизить свойства вещества, вызывающие его запахи.

Достижимый положительный эффект

Воздействие процессов с низкой окислительной интенсивностью является очень специфичным для групп веществ и может быть значительно ослаблено наличием некоторых вредных газов (например, образованием аминов в присутствии аммиака).

Воздействия на окружающую среду

Этот вид обработки не приводит к значительному разложению органически связанного кислорода. Согласно приобретенному экспериментальному опыту в некоторых случаях происходит только частичное окисление без разрыва кольца ароматических углеводородов. Стирол может полимеризоваться. Метан только слегка восстанавливается.

Эксплуатационные особенности

Удельная энергия, которая требуется, обычно составляет ниже 1 кВт/1000 нм<sup>3</sup> воздуха.

Применимость

Эти процессы часто используются для нейтрализации запаха в различных местах.

Примеры установок

Используются на установках для биологической обработки, тем не менее, опыт эксплуатации отсутствует.

### **3.6.14 Сжигание**

Описание

При термическом обезвреживании отработанного воздуха последний очищается в камере сгорания при температурах до 850°C и при минимальном времени пребывания, по крайней мере, 2с. В течение этого диапазона времени вредные вещества должны полностью окислиться, а очищенный газ затем можно сбрасывать в атмосферу.

На установках для биологической обработки сжигание может разделяться на дожигание с утилизацией или без утилизации тепла. При термическом дожигании углеводороды окисляются до диоксида углерода и воды в камере сжигания.

Достижимый положительный эффект

Используется для контроля выбросов ЛОС и обычно требует добавки вспомогательного топлива для поддержания процесса сжигания. Оператор может скомпенсировать затраты на дополнительное топливо, когда имеется потребность на другом месте на участке переработки, связанное с теплом отходящих газов. С помощью этого способа можно достичь значений, меньших чем 50 г ЛОС на тонну отходов.

На установках для биологической обработки при использовании специальных теплообменников можно достичь высокой степени утилизации тепла до 98%. Эти высокие уровни утилизации тепла основаны на использовании специальных керамических теплообменников, в которых имеется идеальное сочетание высокой массы и большой площади поверхности.

Эксплуатационные особенности

Обычно требуется добавка вспомогательного топлива для поддержки процесса сжигания. Расход газов составляет 1500 нм<sup>3</sup>/ч, а рабочая температура – 1050-1200°C. Технические условия: температура 850°C и время пребывания 2 с - могут быть обоснованы при сжигании отходов, когда на установке для полной очистки

дымовых газов достигается полное удаление остаточных загрязняющих веществ. Используются и более критические условия сжигания (например, 1100°C и времен пребывания 2 с) для полного разрушения некоторых пахучих компонентов и ЛОС, а также для разрушения диоксинов и их прекурсоров.

В табл. 3.59 показаны энергетические требования к сжиганию для различных концентраций углеводородов в газе.

**Таблица 3.59 ТРЕБОВАНИЯ В ЭНЕРГИИ СЖИГАНИЯ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ В ГАЗЕ**

Параметр				
Концентрация углеводородов в газе (г/нм <sup>3</sup> )	0,5	1,5	3	6
Энергия для сжигания	9	8	6,2	3,2

Тепловая энергия в кВт-часах, требующаяся для очистки 100 нм<sup>3</sup>/ч газа, загрязненного ЛОС

Расходы обрабатываемого газа находятся в диапазоне от 500 до 11000 нм<sup>3</sup>/ч.

Применимость

Не существует пределов для применения способа.

Экономика

В следующих двух таблицах (табл. 3.60 и 3.61) показаны данные по затратам для сжигания

**Таблица 3.60 КАПИТАЛЬНЫЕ ЗАТРАТЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ВЫБРОСОВ ЛОС ОТ СИСТЕМ ПЕРЕРАБОТКИ ЗАГРЯЗНЕННОЙ ПОЧВЫ**

Обработка	Максимальный расход (нм <sup>3</sup> /ч)	Капитальные затраты (долл.)
Сжигание	110	13000
	160	250001
	915	440001
Двигатель внутреннего сгорания	96	62000
	160	50000

<sup>1</sup> Затраты включают в себя вентилятор, пробоотборные краны и систему контроля. Не включена система утилизации тепла

**Таблица 3.61 ЗАТРАТЫ НА КОНТРОЛЬ ВЫБРОСОВ В ВОЗДУХ ОТ ТИПОВОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ РЕЦИКЛИНГА МАСЕЛ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЖИГАНИЯ**

Капитальные затраты (ф. стерл.)	Эксплуатационные затраты (ф. стерл.)
30000	3000
Сжигание 2,5 кг котельного топлива 0,13 пенсов/л Производительность: 10000 т/год Типы масел: отработанные смазочные масла Режим работы: периодический Расход отходящих газов: 0-50 нм <sup>3</sup> /ч Возраст установки: 10 лет Возраст системы газоочистки: 2 года	

На установках для биологической обработки рентабельность эксплуатации определяется обрабатываемым объемом и концентрациями загрязняющих ве-

ществ. Идеальными условиями является автотермический режим работы, при котором количество энергии, выделяемой при сжигании загрязняющих веществ, в точности соответствует энергии, требующейся для поддержания температуры сжигания. Необходимая тепловая энергия может быть в этом случае полностью получена от сжигания углеводородов. Эта требуемая энергия непосредственно зависит от степени утилизации тепла. Концентрации загрязняющих веществ низкие, что делает необходимыми поставки тепла, и, следовательно, появление высоких эксплуатационных затрат.

Ограничения в применении

Директива по сжиганию отходов (2000/76/ЕС).

Примеры установок

По крайней мере, в двух установках для переработки отработанных масел используется такая система.

Используется на установках для биологической обработки.

### 3.6.15 Комбинированное сжигание

Описание

На некоторых сжигающих установках имеется возможность инжектировать загрязненный воздух, собранный в цеху, непосредственно в контур вторичного воздуха горелки или в первичный воздух, который подается в горелку. Для этого может потребоваться специальная адаптация процесса сжигания (корректировка очистки газа и стабильности сжигания).

Достижимый положительный эффект

синергия с существующими установками для сжигания

возможность утилизации энергии от сжигания ЛОС.

В таблице 3.62 показаны данные по удалению ЛОС при использовании комбинированного сжигания.

Таблица 3.62 УДАЛЕНИЕ ЛОС С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМБИНИРОВАННОГО СЖИГАНИЯ

Характеристики	Значение
Диапазон расходов на входе (нм <sup>3</sup> /ч)	<50000
Концентрация ЛОС на входе (г/нм <sup>3</sup> )	~3 <предела взрываемости соединения
Концентрация ЛОС на выходе (мг/нм <sup>3</sup> )	10-50
Необходимость в предварительной очистке от пыли	Нет
Остатки	Нет
Потребление (на тонну топлива, произведенного из отходов)	
Электроэнергия (кВт-час)	*
Топливо/газ (кВт-час)	*
Затраты	

Характеристики	Значение
Инвестиционные затраты (евро/т топлива, произведенного из отходов)	*
Эксплуатационные затраты (евро/т топлива, произведенного из отходов)	*
Затраты на обслуживание (евро/т топлива, произведенного из отходов)	*
* Зависит от каждого случая	

Воздействия на окружающую среду

- отсутствие обслуживания горелки
- должны быть установлены специальные контрольно-измерительные приборы и клапаны
- флуктуации качества или количества ЛОС могут привести к некоторым трудностям в системе сжигания.

Применимость

Необходимо перед разбавлением воздуха, когда может быть достигнута взрывоопасная концентрация.

Экономика

Высокими могут быть затраты по применению. Оператор может компенсировать затраты на дополнительное топливо, когда имеется потребность в нем за счет другого участка, на котором образуется излишнее тепло отходящих газов.

Ограничения в применении

Директива по сжиганию отходов (2000/76/ЕС).

Примеры установки

Используется для подготовки топлива из опасных отходов и фильтрации отработанных масел.

### 3.6.16 Каталитическое сжигание

Описание

Загрязненный воздух сжигается, но при этом способе температура сжигания снижается за счет использования катализатора. Катализатор позволяет достичь той же самой эффективности деструкции ЛОС при более низкой температуре.

На установках для биологической обработки каталитическое сжигание может использоваться для удаления ТОС из отходящих газов. Загрязняющие вещества окисляются при температурах от 200 до 500°C при использовании катализаторов из благородных металлов или оксидов металлов.

Достижимый положительный эффект

- низкое потребление топлива
- полная деструкция ЛОС
- диапазон эффективностей от 95 до 99,9%
- достижимы концентрации на выходе от 5 до 50 мг С/нм<sup>3</sup>. Действительный диапазон зависит от типа соединения и концентрации на входе.

В таблице 3.63 показаны данные удаления при использовании каталитического сжигания.

Таблица 3.63 УДАЛЕНИЕ ЛОС ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ КАТАЛИТИЧЕСКОГО СЖИГАНИЯ

Характеристики	Значение
Диапазон расходов на входе (нм <sup>3</sup> /ч)	20000-50000
Концентрация ЛОС на входе (г/нм <sup>3</sup> )	1-3
Концентрация ЛОС на выходе (мг/нм <sup>3</sup> )	10-50
Необходимость в предварительной очистке от пыли	да
Риски	Отравление катализатора
Остатки	нет
Потребление (на тонну топлива, произведенного из отходов)	
Электроэнергия (кВт-час)	25-75
Топливо/газ (кВт-час)	70-140
Реактив (кг)	Катализатор
Затраты	
Инвестиционные затраты (евро/т производительности)	20-30
Эксплуатационные затраты (евро/т топлива, произведенного из отходов)	
Электроэнергия	1-3
Топливо/газ	1-2
Затраты на обслуживание (евро/т топлива, произведенного из отходов)	<1

256

На установках для биологической обработки эффективность очистки может быть достигнута выше, чем 99%.

Воздействия на окружающую среду

Катализатор чувствителен к некоторым соединениям (например, металлам и органическим соединениям), и их увеличение может снизить эффективность катализатора.

На установках для биологической обработки среди разрушающих веществ имеются токсины для катализаторов, такие как металлоорганические соединения, органические соединения кремния и соединения мышьяка. Переработка галогенированных соединений, органических соединений серы и органических соединений азота возможна только в ограниченной степени. Метан можно каталитически восстановить до CO<sub>2</sub> только при определенных условиях. Необходимы высокие температуры выше 600°C для каталитического окисления метана. Использование энергии для термической переработки без утилизации тепла очень высокое. Каталитически-термическое окисление на установках для биологической обработки (МВТ), поэтому, сомнительно как с экономической, так и с экологической точки зрения.

Эксплуатационные особенности

- необходимость в предварительной обработке газа в некоторых случаях (например, электрофильтр, рукавные фильтры и газоочистное устройство)
- необходимость предварительного разбавления воздухом, когда достигаются взрывоопасные концентрации

- потребление энергии ниже, чем при сжигании.

В табл. 3.64 потребность в энергии для каталитического сжигания для различных концентраций углеводородов в газе.

**Таблица 3.64 ПОТРЕБНОСТИ В ЭНЕРГИИ ПРИ КАТАЛИТИЧЕСКОМ СЖИГАНИИ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ В ГАЗЕ**

Параметр				
Концентрация углеводорода в газе (г/нм <sup>3</sup> )	0,5	1,5	3	6
Каталитическое сжигание	2	1,2	0	0
Тепловая энергия в кВт-час, требующаяся для переработки 100 нм <sup>3</sup> /ч газа, загрязненного ЛОС. Расходы, которые подвергались обработке, менялись от 500 до 11000 нм <sup>3</sup> /ч				

На установках для биологической обработки рабочий срок службы таких катализаторов может быть более, чем 30000 рабочих часов, в зависимости от рабочей температуры и от распределения веществ в обрабатываемом газе.

#### Применимость

При наличии многочисленных мешающих факторов практическая применимость каталитического окисления на установках по биологической обработке представляется проблематичной. Помимо этого, не имеется практического опыта, наработанного на действующих установках для биологической обработки (МВТ).

#### Экономика

Инвестиционные затраты относительно высокие. В табл. 4.65 приведены капитальные затраты для контроля выбросов ЛОС в системах очистки вынужденного грунта.

**Таблица 3.65 КАПИТАЛЬНЫЕ ЗАТРАТЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ВЫБРОСОВ ЛОС ПРИМЕНИТЕЛЬНО К СИСТЕМАМ ОЧИСТКИ ВЫНУТОГО ГРУНТА**

Очистка	Максимальный расход (нм <sup>3</sup> /ч)	Капитальные затраты (долл. США)
Двигатель внутреннего сгорания	96	62000
	160	50000
Каталитическое окисление	160	25000a
	320	31000-69000a
	800	44000-86000a
	1600	77000b
	8000	140000

a включены горелка, вентилятор, гаситель пламени, датчики, фильтры, отверстие для отбора проб, средства контроля и установка на полозьях

b Имеется система разбавления (дополнительно 22000 долл. США).

Ограничения в применении

Директива для сжигания отходов (2000/76/ЕС).

### 3.6.17 Регенеративный каталитический окислитель

#### Описание

ЛОС сжигаются в камерах сжигания в диапазоне температур от 750 до 950°C. Энергия, образующаяся при сжигании ЛОС, используется для предварительного подогрева загрязненного воздуха на керамическом слое (аккумулятор тепла). Температура сжигания может адаптироваться в соответствии с концентрацией ЛОС. Принцип работы следующий: загрязненный воздух нагревается до температуры, необходимой для реакции, с помощью системы нагрева, а затем проходит над катализатором и аккумулятором тепла, где разлагается до CO<sub>2</sub> и воды. Тепло от этого процесса поступает на второй слоевой реактор и накапливается здесь. После этого нагревается аккумулятор тепловой энергии следующего реактора и так далее. Поток технологического воздуха переключается таким образом, что он поступает во второй реактор. Тепло от второго реактора затем используется для предварительного подогрева технологического воздуха, в то время как происходит окисление загрязняющих веществ в первом реакторе. В течение последующей работы установка циклически переключается между двумя стадиями, описанными выше.

Достижимый положительный эффект

- высокий уровень деструкции ЛОС (>99%)
- уменьшенное использование ископаемого топлива или топлива из отходов (высокая эффективность использования энергии)
- при высоких концентрациях ЛОС (>3 г ТОС/нм<sup>3</sup>) возможна работа в автотермической зоне. Это означает, что необходима минимальная внешняя энергия для добавки к устойчивому протеканию реакции.

В табл. 3.66 приведены данные удаления ЛОС с использованием регенеративного каталитического окисления.

Таблица 3.66 УДАЛЕНИЕ ЛОС С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕГЕНЕРАТИВНОГО КАТАЛИТИЧЕСКОГО ОКИСЛЕНИЯ

Характеристики	Значение
Диапазон расходов на входе (нм <sup>3</sup> /ч)	20000-80000
Концентрация ЛОС на входе (г/нм <sup>3</sup> )	2-4 с пиками 10
Концентрация ЛОС на выходе (мг/нм <sup>3</sup> )	15-50
Эффективность (%)	>99
Необходимость в предварительной очистке от пыли	Да
Риски	
Остатки	Нет
Потребление (на тонну топлива, произведенного из отходов)	
Электроэнергия (кВт-час)	10-50
Топливо/газ (кВт-час)	50-200*
Альтернативное топливо или биогаз	Да

Характеристики	Значение
Реактив (кг)	-
Затраты	
Инвестиционные затраты (евро/т производительности)	10-25
Эксплуатационные затраты (евро/т топлива, произведенного из отходов)	
Электроэнергия	1-3
Топливо/газ	2-6
Затраты на обслуживание (евро/т топлива, произведенного из отходов)	<1

\* в соответствии с концентрацией ЛОС

Воздействия на окружающую среду

Высокое потребление энергии при низких концентрациях ЛОС.

Эксплуатационные особенности

- допускаются флуктуации концентраций ЛОС
- необходимо предварительное разбавление воздухом, когда может достигаться взрывоопасная концентрация
- необходимо удаление пыли, когда концентрация пыли на входе выше 20 мг/нм<sup>3</sup>.

В табл. 3.67 показана потребность в энергии регенеративного каталитического окисления для различных концентраций углеводородов в газе.

**Таблица 3.67 ПОТРЕБНОСТЬ В ЭНЕРГИИ В СЛУЧАЕ РЕГЕНЕРАТИВНОГО КАТАЛИТИЧЕСКОГО ОКИСЛЕНИЯ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ В ГАЗЕ**

Параметр				
Концентрация углеводородов в газе (г/нм <sup>3</sup> )	0,5	1,5	3	6
Регенеративное каталитическое окисление	0	0	0	0
Тепловая энергия в кВт-час, требующаяся для очистки 100 нм <sup>3</sup> /ч газа, загрязненного ЛОС. Расходы, которые очищались, находились в диапазоне от 500 до 11000 нм <sup>3</sup> /ч				

Применимость

Проектируется для концентраций ЛОС от низких до средних значений в связи с низкими затратами на энергию.

Экономика

Низкие эксплуатационные и высокие инвестиционные затраты.

Ограничения в применении

Директива для сжигания отходов (2000/76/ЕС).

Справочная литература

### **3.6.18 Регенеративный каталитический окислитель**

Описание

Цель регенеративного каталитического окислителя состоит в постоянной и высококачественной утилизации большей части тепловой энергии, которая

необходима для нагрева потока отходящих газов до требуемой температуры окисления при переработке.

Эта тепловая энергия накапливается в теплообменниках, через которые проходит непрерывный поток газов. Такие теплообменники состоят либо из керамического заполнителя, либо представляют собой ребристые теплообменники. Эффективность этого рекуперативного процесса выражается степенью достигаемой утилизации тепла, которая определяется следующим образом:

Эффективность + 1 – Точищенного газа – Тнеочищенного газа/Ткамеры сгорания

где Т – температура

Поступающий отработанный воздух нагревается в слое "горячего" теплообменника. Воздух нагревается до температуры на несколько градусов ниже температуры в камере сгорания. В камере сгорания происходит окисление. В случае низких концентраций загрязняющих веществ в технологическом воздухе, недостающая энергия должна быть добавлена к источникам первичной энергии. После прохождения через камеру сгорания отходящие газы, которые теперь находятся при температуре реакции, отдают свое тепло "холодному" слою теплообменника.

Вследствие высокой потребности в энергии для нагрева отходящих газов и вследствие оптимального теплообмена самая большая часть тепла, хранящегося в "горячем" слое теплообменника, передается отходящим газам спустя приблизительно 120 с. И, наоборот, горячие отходящие газы нагревают "холодный" слой теплообменника.

Достижимый положительный эффект

Достижимые уровни утилизации тепла изменяются от 90 до 98% в зависимости от содержания загрязняющих веществ в отходящих газах. В этом случае не обязательна дополнительная поставка энергии. Что касается обеспечения требуемых параметров очистки для очищаемого газа, в настоящее время на рынке имеются системы, различающиеся по техническому методу, используемому для обеспечения самых низких значений для очищаемого газа. Это необходимо для того, чтобы в месте перемены направления потока остатки неочищенного газа не могли загрязнять очищенный газ. Системы, оптимизированные в отношении этой проблемы, могут обеспечить достижение концентраций в очищенном газе ниже, чем 10 мг/м<sup>3</sup>.

Эксплуатационные особенности

Для того, чтобы поддерживать непрерывную работу, направление потока должно контролироваться таким образом, чтобы слой теплообменника, нагреваемый в данное время, можно было использовать для нагрева отходящих газов. Это приводит к поочередному нагреву и охлаждению соответствующих слоев теплообменников.

Важным для конструкции установки является также энтальпия, химическая связанная в загрязняющих веществах, которые должны окисляться. Работа проходит в автотермическом режиме, если сумма тепла, аккумулированного

в слоях теплообменников, и выделяемая энтальпия реакции достаточны для поддержания необходимой температуры в камере сгорания.

Если энтальпии, связанной в загрязняющих веществах, недостаточно для достижения температуры окисления, она должна достигаться и обеспечиваться за счет использования подвода энергии от внешнего источника. Некоторые индивидуальные поставщики обеспечивают это с помощью установки регулируемых горелок в камере сгорания, другие обогащают отходящие газы дополнительными горючими составляющими с тем, чтобы можно было поддерживать автотермические условия в системе. В этом случае установка может работать в беспламенном режиме. На установках, оптимизированных с энергетической точки зрения, можно ожидать потребления энергии 8 кВт·час теплопроизводительности на 1000 нм<sup>3</sup> отходящих газов.

Для начального периода вплоть до достижения рабочей температуры и в течение работы с низкими концентрациями органических веществ (<2 г С/нм<sup>3</sup>) поставки внешней энергии необходимы вследствие того, что еще недостаточное количество энергии хранится в слоях теплообменника. В начальной стадии беспламенных систем обычно используется электрический нагрев, в противном случае тепловая энергия может поступать от горелок, в которых сжигается природный газ или пропан.

Для работы с газообразным топливом из отходов, таким как свалочный газ или биогаз, необходимо учитывать, что эти газы могут быть загрязнены загрязняющими веществами. Для начала работы, когда еще не достигнута требуемая температура в камере сжигания, эти газы не должны использоваться. Это можно сделать только с обычными видами топлива, такими как природный газ или пропан. Дополнительно нужно обеспечить безопасность цепи, чтобы в случае любых нарушений работы и в результате снижения температуры в камере сгорания всегда была обеспечена возможность получения топлива из отходов.

#### Применимость

В контексте исследовательских проектов и для работы установки сочетание кислотных скрубберов и регенеративных термических окислителей оказалось рациональным. Этот объединенный процесс имеет преимущества с точки зрения возможностей очистки, а также с точки зрения эксплуатационных затрат.

#### Примеры установок

На практике имеется несколько конструкций регенеративных термических окислителей, которые различаются главным образом по конструкции индивидуальных слоев теплообменников и по выбору материала теплообменника. Для низких концентраций эти процессы начинают широко использоваться при дожигании с утилизацией тепла.

Регенеративные термические окислители используются в Германии в течение нескольких лет для очистки отходящих газов установок для биологической обработки (МВТ). В Австрии также недавно установлена система МВТ и началась эксплуатация систем этого типа.

### 3.6.19 Окислительная обработка

Тип окислительной обработки, относящейся к следующим двум таблицам (табл. 3.68 и 3.69), не был определен. Это может быть любой из следующих способов, описанных в Разделах 3.6.14 – 3.6.17. В этих таблицах показаны данные для выбросов в воздух после обработки.

**Таблица 3.68 ВЫБРОСЫ В ВОЗДУХ ОТ УСТАНОВОК ДЛЯ ТЕРМИЧЕСКОЙ ДЕСТРУКЦИИ ОТХОДЯЩИХ ГАЗОВ ОТ НЕСКОЛЬКИХ УСТАНОВОК ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ОТРАБОТАННЫХ МАСЕЛ**

Параметры выбросов в воздух	Значение	Единицы
Температура дыма	140	оС
PM	10-27	мг/нм <sup>3</sup>
Тяжелые металлы	0,03	мг/нм <sup>3</sup>
ТОС	8	мг/нм <sup>3</sup>
SOx	19	мг/нм <sup>3</sup>
NOx	350	мг/нм <sup>3</sup>
HCl	2,3-10	мг/нм <sup>3</sup>
HF	<0,1	мг/нм <sup>3</sup>
HBr	<0,1	мг/нм <sup>3</sup>
HCN	<0,1	мг/нм <sup>3</sup>
P	0,019	мг/нм <sup>3</sup>
CO <sub>2</sub> /(CO+CO <sub>2</sub> )	<1	мг/нм <sup>3</sup>
CO <sub>2</sub>	9,5	%
CO	50	мг/нм <sup>3</sup>
PAH	<0,1	нг/нм <sup>3</sup>
PCDD + PCDF	<0,01	нг/нм <sup>3</sup>
TCDD + TCDF	<0,01	нг/нм <sup>3</sup>
PCB + PCN + PCT	<1	нг/нм <sup>3</sup>

Значения относятся к 10% кислорода в дымовых газах

**Таблица 3.69 ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОТОКОВ**

Параметры воздуха	Единицы	Поток на входе		ВЫХОД
		Отходящие газы от технологических установок	Отходящие газы	
Расход	нм <sup>3</sup> /ч	101	1400	27001
Температура	оС	18	27	146
Пыль	мг/нм <sup>3</sup>	58,6	1,1	28,4
H <sub>2</sub> S	мг/нм <sup>3</sup>	101600	<1	<0,1
Меркаптаны	мг/нм <sup>3</sup>	2153	1,7	0,7
SOx	мг/нм <sup>3</sup>	30000	1,3	3
HCl	мг/нм <sup>3</sup>	308	0,9	0,8
ЛОС	мг/нм <sup>3</sup>			3
NOx	мг/нм <sup>3</sup>			181
PAH	мг/нм <sup>3</sup>			<0,1

1 Включен воздух для сжигания

### 3.6.20 Нетермическая плазменная обработка

#### Описание

Нетермический плазменный способ относится к процессам с высокой окислительной способностью. Это физический процесс, при котором возбуждаются молекулы в изменяющемся электрическом поле, и, таким образом, облегчается образование различных радикалов. Нетермическая плазма создает такие условия для атомов и молекул, при котором они возбуждаются под действием электрического поля. При этом электроны на орбитах подвергаются рассеиванию или переходу на орбиту с более высоким энергетическим состоянием. Тем самым могут быть достигнуты необходимые энергетические потенциалы, уровень которых соответствует температурным эквивалентам до 100000°C термически активированной плазмы.

Достижимый положительный эффект

Органически связанный углерод может быть разрушен в высокой степени. Преимущество нетермической плазмы состоит в том, что при достаточно высокой напряженности поля и точного количества дозированного подвода энергии можно вызвать реакцию в доли секунды. Тем самым возрастает образование различных радикалов, которые вследствие их высокой окислительной способности могут воздействовать на органические молекулы и разрушать соединения.

Воздействия на окружающую среду

Вследствие реакции радикалов в реакторе выделяется озон порядка нескольких грамм в час. Поэтому концепция установки должна предусматривать удаление этого озона. Для этой цели годится катализатор из определенного металла или активированный уголь. При выборе катализатора необходимо, чтобы он обеспечивал невозможность образования вторичных запахов от незавершенного каталитического процесса. Необходимо учитывать опасность самовоспламенения активированного угля в реакциях с озоном. Помимо этого, необходимо учитывать образование значительного количества N<sub>2</sub>O.

Примеры установок

Используется на установках для биологической обработки, тем не менее, нет данных об эксплуатационном опыте.

### 3.6.21 Способы подавления выбросов оксидов азота

#### Описание

Больше информации можно найти в BREF «Обычные методы очистки сточных вод и отходящих газов (CWW)» и по сжиганию отходов.

Некоторые способы включают в себя:

- a) надлежащий контроль процесса, который может предотвратить реальные выбросы NO<sub>x</sub>
- b) надлежащая конструкция камеры сжигания
- c) горелки с низкими выбросами NO<sub>x</sub>
- d) SCR

- e) SNCR
- f) внутренняя рециркуляция дымовых газов
- g) вибрационное горение
- h) химическая газоочистка (см. Раздел 4.6.12).

Достижимый положительный эффект

Снижаются выбросы NO<sub>x</sub> в воздух.

Воздействия на окружающую среду

Инжекция аммиака или мочевины в дымовые газы при использовании SCR или SNCR скорее вызывает риск образования NO<sub>x</sub>, чем его удаление. (Если температура слишком высокая или имеется избыток кислорода).

Применимость

Основные критерии	Деятельность
Использование надежного контроля процесса для предотвращения выбросов NO <sub>x</sub>	Переработка отработанных кислот
Использование надлежащей конструкции камеры сгорания	Установка для сжигания
Использование горелок с низкими выбросами NO <sub>x</sub>	Установки для сжигания

Экономика

SCR и SNCR имеют более высокие эксплуатационные затраты, чем другие способы, из-за надлежащего контроля процесса и использования горелок с низкими выбросами NO<sub>x</sub>.

### 3.6.22 Способы уменьшения запахов

Больше информации имеется в Разделе 3.6.23.

Описание

При планировании и реализации структурированных планов борьбы с запахами необходимо, чтобы в плане:

g) описывалась основная деятельность, при которой образуются запахи и (или) источники запаха, а также содержались любые важные экологические обследования, которые проводились, и выбор технически возможных мер, имеющиеся для борьбы с выбросами

h) начинался или расширялся учет материалов, вызывающих запахи, с охватом всех преднамеренных и неорганизованных (непреднамеренных) мест выбросов

i) имелись подробности о любом проводимом обычно мониторинге для оценки воздействия запахов на рецепторы

j) предусматривалась система отчетности о результатах мониторинга и регистрации любых получаемых жалоб

к) были идентифицированы действия, необходимые в случае ненормальных происходящих явлений или условий, которые могут привести к образованию запаха или потенциальным проблемам, связанным с запахом

l) учитывались требования к герметизации помещений и управлению опера-

циями, когда может иметься источник запаха, например, в зданиях

м) ставился акцент на проверку до приемки (см. Раздел 4.1.1.1) и на отказ от приемки определенных отходов. Например, в особенности для материалов с запахами, необходимо, чтобы обращение с ними проводилось в специально предназначенных для этого герметичных местах, которые оснащены подсоединением к оборудованию для борьбы с запахами

п) проводился тщательный мониторинг скрубберных растворов с целью достижения их оптимальных характеристик, т.е. в отношении правильного рН, своевременной замены и пополнения

о) были учтены требования к вакуумной экстракции для установок, являющихся причиной образования запахов

р) учитывались требования к герметизации зон зданий, в которых имеются высокие выбросы ЛОС и существует возможность выделения сильных запахов.

Достижимый положительный эффект

Предотвращаются выбросы выделений с запахами, которые могут быть неприятными и детектируемыми за границами участка.

Применимость

Для комплексных установок, например, когда имеется ряд потенциальных источников выделений запахов или когда имеется подробная программа усовершенствований, проводимых для борьбы с запахом, обычно должен осуществляться план борьбы с запахом.

### ***3.6.23 Уменьшение запахов на установках для биологической обработки***

Больше информации можно найти в Разделе 4.6.22.

Описание

Эффективное рабочее управление может помочь контролю образования запахов. Оно включает в себя:

а) как можно более быструю переработку поступающего исходного сырья

б) обеспечение надлежащей стабилизации биомассы при хранении в закрытых помещениях с тем, чтобы можно было обеспечить нахождение в открытых местах только материалов, не образующих запахи

с) предотвращение ранней стадии очистки, чтобы не допускать слишком большого снижения размера частиц, что может препятствовать диффузии воздуха через материал, в котором еще должны завершиться биологические преобразования (частицы небольшого размера могут стать причиной аэробного сбраживания с потерей структуры и с более вероятным анаэробным разложением)

д) предотвращение просачивания грязи (например, обеспечение надлежащих уклонов для мощеных поверхностей)

е) предотвращение предварительного просеивания внешних накоплений грубых остатков, так как в них может содержаться определенная доля сбрасываемого материала

f) удаление отработанного воздуха из стадий процесса с образованием запахов (опрокидывание, хранение в глубоких бункерах поступающих сбраживаемых материалов, предварительная обработка, ранние стадии процесса. Иногда также и стадия выдержки может быть герметизирована с очисткой отработанного воздуха)

g) конструирование системы удаления с предотвращением любых утечек отработанного воздуха через окна, двери и т.д.

h) оснащение установки системами борьбы с загрязнениями надлежащей производительностью

j) использование реагентов в виде поверхностно-активных веществ

k) использование защищенной системы сбора фильтрата/емкостей для хранения ради минимизации выделения запахов при хранении раствора перед рециркуляцией и (или) удаления с участка

l) обеспечение обязательной обработки такого типа как аэрация хранящегося фильтрата для предотвращения создания загрязненности, вызывающей запахи

m) обеспечение мер борьбы с запахом для контроля выбросов из отдельных источников, таких как распылители, маскирующие запахи

n) конструирование закрытых помещений таким образом, чтобы в них было пониженное давление воздуха для предотвращения выбросов с запахами через дверные проемы.

266

Достижимый положительный эффект

Предотвращается или снижается образование запахов.

Воздействие на окружающую среду

Использование поверхностно-активных веществ не даст полного устранения запаха, в особенности если выбор реагента основывается на характеристиках соединений в аэрозоль, вызывающую запахи.

Эксплуатационные особенности

При применении способа n) (см описание выше) для поддержания пониженного давления воздуха иногда необходимо знать, сколько часов потребуется для обмена воздуха внутри помещения. Чем больше это значение, тем выше будет достигаемая концентрация веществ, вызывающих запах, внутри помещения.

Применимость

Помимо предотвращения запаха от аэробных установок приходится решать проблемы с запахами при очистке отработанного воздуха, прежде всего, связанные с тем, какие должны быть производственные мощности и/или какие должны быть расстояния до жилищ.

Примеры установок

В большом количестве установок по всей Европе в настоящее время используются технологии, которые помогают осуществлять деятельность в области аэробного гидролиза даже в наиболее переполненных районах, при условии, что при проектировании и управлении установкой будет уделено должное внимание проблемам запаха.

### 3.6.24 Некоторые примеры очистки отходящих газов, применяемые для различных видов обращения с отходами

В табл. 3.70 перечислены некоторые примеры использования очистки газа в различных процессах обращения с отходами. Обычно тип системы борьбы с выбросами, применяемый в каждом случае, является сочетанием технологий. Некоторые из них могут быть не упомянуты в приводимых примерах. Некоторые примеры даны в Разделе 3.6.25.

Таблица 3.70 ПРИМЕНИМОСТЬ СПОСОБОВ ОЧИСТКИ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ

Термодесорбция	Коденсационный сепаратор Сжигание Адсорбция углеродом Циклоны Скрубберы Вентури Рукавные фильтры Фильтры HEPA (высокоэффективные воздушные фильтры) Мокрые скрубберы Сухие скрубберы
Экстракция паром вынутаго грунта	Адсорбция углеродом Каталитическое сжигание Сжигание Двигатели внутреннего сжигания
Биоремедиация за пределами участка	Адсорбция углеродом
Промывка почвы	Адсорбция углеродом
Экстракция растворителем	Сжигание
Биоудаление	Активированный уголь Каталитическое окисление Двигатели внутреннего сжигания Биофильтры
Физико-химическая очистка сточных отвод	Мокрые скрубберы Испарение Десорбция Дистилляция
Приготовление топлива из отходов	Экстракция Конденсационный сепаратор Адсорбция углеродом Биофильтры Термическое окисление Сжигание Газоочистка
Стабилизация	Абсорбция Адсорбция Рукавные фильтры Термическое окисление Циклоны
Переработка отработанных масел	Конденсация Термическое окисление Биологическое окисление
Дробление и измельчение бочек	Адсорбция Абсорбция Термическое окисление

### 3.6.25 Некоторые примеры комбинированной очистки отработанного воздуха

В разделе приведены некоторые примеры применения комбинированной очистки отходящих газов в различных процессах переработки отходов. Обычно тип системы борьбы с выбросами отходящих газов для каждого случая представляет собой сочетание способов, некоторые из которых могут быть не упомянуты в приводимых ниже примерах.

Таблица 3.71 УСТАНОВКА ДЛЯ ОЧИСТКИ ОТРАБОТАННОГО ВОЗДУХА НА УСТАНОВКЕ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ОТРАБОТАННЫХ РАСТВОРИТЕЛЕЙ

Примыкающие эксплуатируемые объекты	Производственные цеха, резервуарное хозяйство, переработка бочек
Предельные значения выбросов	Содержание органических соединений в соответствии с немецкими TA-Luft
Площадь здания	940м <sup>2</sup>
Установка состоит из	Двойного фильтра предварительной очистки активированным углем (сглаживание пиков выбросов неочищенного газа)
	Регенеративного основного фильтра, активированного угля (двойного)
	Высокоэффективного скруббера для выбросов из резервуарного хозяйства и от процессов загрузки и стадии активированного угля
	Двойных десорберов для экстракции растворителей из воды (отбор газа из воздуха)
	Биологической очистки воды для конденсата из высокоэффективного скруббера и стадии активированного угля
	Башенных охладителей (за пределами зданий)
Технология	Адсорбция активированным углем
	Физическая абсорбция для промывки с утилизацией растворителей
Контроль выбросов	Текущий анализ общего углерода, перхлорэтилена, метилендихлорида, трихлорэтилена, гликолей, ВТХ-ароматических соединений
Поступающие материалы	Потоки отработанного воздуха, загрязненные растворителями (VbF, СНС и др.)
Производственная мощность	400 м <sup>3</sup> /ч высоко загрязненного отработанного воздуха из резервуарного хозяйства и процессов загрузки
Достижимые значения выбросов	В отношении органических веществ, содержащихся в отходящих газах, за исключением органических частиц, общий массовый поток <57 кг/год или общая массовая концентрация <3,6 мг ТОС/м <sup>3</sup> достижимы (в обоих случаях указывается как общий углерод)

Т А Б Л И Ц А 3.72 КОМБИНИРОВАННОЕ ПОДАВЛЕНИЕ ВЫБРОСОВ ТВЕРДЫХ ЧАСТИЦ И ЛОС НА УСТАНОВКЕ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ОПАСНЫХ ОТХОДОВ

Подавление выбросов состоит из	а) сбора загрязненного воздуха в системе с пониженным давлением б) группы циклонов и фильтров, используемых для того, чтобы снизить концентрацию твердых частиц с) системы регенеративного термического окисления
Достижимый положительный эффект	Система регенеративного термического окисления в системе без сжигания и без камеры сгорания. Вследствие этого не образуется NOx. Поскольку загрязняющие вещества разрушаются при высокой температуре (950оС), можно достичь концентраций ЛОС меньше, чем 50 мг/м <sup>3</sup>
Эксплуатационные особенности	Необходима электроэнергия для поддержания высокой температуры, а природный газ необходим для проведения процесса
Пример установки	Одна установка во Франции

### 3.6.26 Некоторые примеры сравнения способов подавления выбросов, применяемых при приготовлении топлива из опасных отходов

В табл. 3.73 и 3.74 приведено сравнение некоторых способов подавления выбросов, когда применение происходит к определенному виду переработки отходов

Таблица 3.73 СРАВНЕНИЕ РУКАВНЫХ ФИЛЬТРОВ И МОКРЫХ СКРУББЕРОВ ДЛЯ ПОДАВЛЕНИЯ ВЫБРОСОВ

Критерии	Рукавный фильтр	Мокрый скруббер
Характеристики очистки пыли	+	-
Гибкость	+	+
Потребление	++	-
Затраты	++	-
Риски (пожар, взрыв и тд.)	+	++
Воздействия между средами	+	-
Примечание: (-) плохие; (+) приемлемые; (++) хорошо адаптированные		

Таблица 3.74 СРАВНЕНИЕ СПОСОБОВ ПОДАВЛЕНИЯ ВЫБРОСОВ ЛОС

Критерии	Азотная ловушка	Биологическая очистка	Активированный уголь	Комбинированное сжигание	Каталитическое сжигание	Регенеративный термический окислитель
Характеристики ЛОС	++	-	-/+	+	+	++
Потребление	-	++	++/-	++	+	+
Затраты	+	++	++	++	-	+
Гибкость	-	-	+	+	-	++
Риски (например, пожар, взрыв)	+	+	-	+	+	+
Воздействие между средами	-	-	-	+	+	+
Примечание: (-) плохие; (+) приемлемые; (++) хорошо адаптированные						

## 3.7 Удаление и очистка сточных вод

В этом разделе рассмотрены только удаление и очистка сточных вод после того, как они уже были загрязнены. Способы предотвращения, чтобы не происходило загрязнения воды, или способы снижения потребления воды здесь не рассмотрены и вместо этого включены в Раздел 3.1.3.6.

В этом разделе приведены только те способы, которые являются самыми важными для сектора обращения с отходами. В общем, самые распространенные способы уже были описаны и проанализированы во многих других BREF. (особое внимание следует уделить сточным водам и отходящим газам BREF

[63, EIPPCB, 2002]. По этой причине в этом разделе не проводится полный анализ различных способов. В данном разделе сконцентрировано внимание только на процессах особой важности для промышленного сектора. Также приведены данные по выбросам.

Основной целью очистки сточных вод является снижение содержания БПК в стоках (и как следствие, связанное с ним снижение содержания ХПК). Очистка обычно включает в себя стадию перемешивания, при которой не только усредняется суспензия, но также оказывается содействие следующим действиям:

- разрушение твердых частиц
- десорбция отходов из твердых частиц
- контакт между органическими отходами и микроорганизмами
- окисление суспензии за счет аэрации.

Очистка сточных вод объединяет химическую, физическую и биологическую очистку. Обычно это должно включать в себя аэробную стадию, когда стоки подвергаются аэрации в аэротэнке (0,5-3 дня времени удержания) для преобразования растворимой органики микроорганизмами (осадок) и очистки конечного стока. Биологическое разрушение происходит только с органикой, которая растворяется в воде, а не находится во взвешенном состоянии. В общем, обработка и очистка сточных вод после установок переработки является важным элементом этих установок, главным образом вследствие потенциально высоких нагрузок по загрязняющим веществам, которые могут находиться в сточных водах. Можно провести различие между процессами разделения и конверсии.

Процессами разделения, являются, например:

- механическая обработка
- испарение
- адсорбция
- фильтрация
- нано-и ультрафильтрация
- обратный осмос
- центрифугирование.
- В то время как процессы конверсии, например, включают в себя:
- мокрое окисление с использованием  $H_2O_2$
- озонирование
- осаждение/нейтрализация
- анаэробная и аэробная биологическая обработка сточных вод.

### ***3.7.1 Удаление и очистка сточных вод в секторе обращения с отходами***

Описание

На рис. 3.10 показана система управления стоками для установки обращения с отходами.

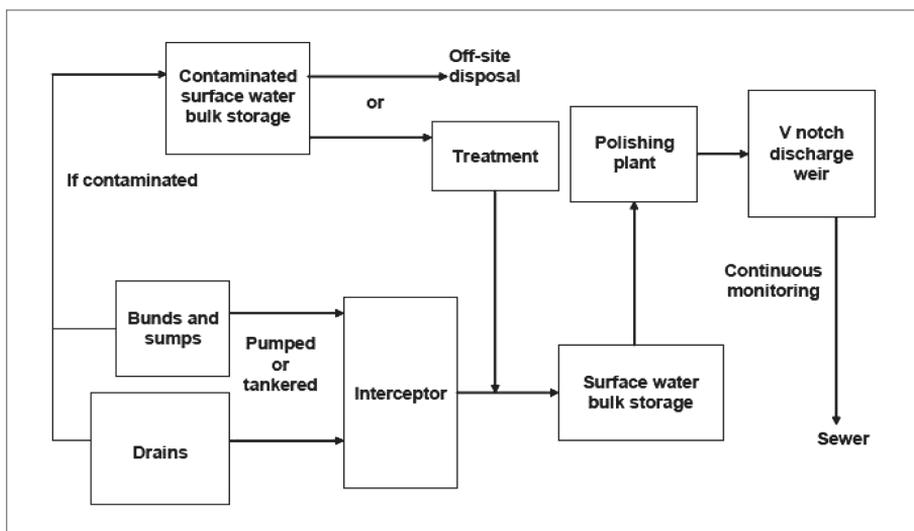


Рисунок 3.10 - Управление стоком на установке обращения с отходами, которую можно классифицировать как показано в табл. 3.75

Пояснения к рисунку:

Contaminated surface water bulk storage – хранение большого объема загрязненных поверхностных вод

Off-site disposal – удаление за пределы участка

If contaminated – если загрязнены

Or – или

Treatment – очистка

Polishing plant – установка доочистки

V notch discharge weir – треугольный слив

Continuous monitoring – непрерывный мониторинг

Bunds and sumps – обваловка колодцы

Drains – дренаж

Pumped or tankered – прокачка или заправка

Interceptor – отводной коллектор

Sewer – канализация

Таблица 3.75 СПОСОБЫ УПРАВЛЕНИЯ СТОКОМ

Классификация	Цель	Способы	Раздел в этом Документе
Отсеивание	Избежать введения вредных и стойких веществ в систему, на которые не будет воздействовать очистка	Меры предварительной приемки и приемки	4.1.1 4.7.2
Первичная очистка	Удаление или снижение концентрации целевых веществ в стоках		4.7.3

Классификация	Цель	Способы	Раздел в этом Документе
Вторичная очистка	Детоксикация Преобразование растворенных веществ в твердые	Окисление цианидов или нитритов Восстановление хрома (VI) Осаждение металлов Нейтрализация pH Снижение ХПК Осветление	4.7.4
Третичная очистка	Удаление биоразлагаемой органики и соединений азота	Биологическая очистка Осветление Сгущение и обезвоживание	4.7.5
Доочистка	“Доочистка” стоков Утилизация веществ из стоков	Фильтрация Мембраны Мокрое окисление Адсорбция	4.7.6

Некоторые способы для эффективного удаления и очистки сточных вод включают в себя:

а) описание любой обработки за пределами участка в общем описании системы очистки сточных вод (в большинстве случаев это может быть установка для очистки городских сточных вод, такого типа как очистные канализационные сооружения). Когда стоки очищаются за пределами участка на очистных канализационных сооружениях, производитель сточных вод должен продемонстрировать, что:

- очистка, предусмотренная на очистных канализационных сооружениях, которая позволяет достичь таких же хороших результатов по сбросам, что и при очистке на участке, на основе снижения нагрузки (без концентрации) каждого вещества в принимающем водном объекте
- возможность использования байпаса канализации через ливнесток/аварийный сброс или промежуточную канализационную насосную станцию достаточно мала
- план действий в случае любых перепусков стоков, т.е. обладание информацией о том, когда происходит перепуск, и корректирующая деятельность, такая как очистка или даже выключение
- действующая соответствующая программа мониторинга для проверки сбросов в канализацию с учетом потенциального запрещения любых последующих биологических процессов и план действий для любого такого события

б) выбор соответствующего способа очистки для каждого типа сточных вод

с) выполнение мер для повышения надежности в отношении требуемого контроля и эффективности снижения сбросов, который можно проводить (например, оптимизация осаждения металлов)

д) идентификация основных химических составляющих очищенных стоков (там, где ежедневно проводятся сбросы) системы управления стоком (включая величину ХПК) и выполнение информированной оценки судьбы этих химических соединений в окружающей среде

е) проведение ежедневных проверок (там, где ежедневно проводятся сбросы) системы управления стоком и проведение регистрации всех проверок, имеющих место в системе для мониторинга сброса стоков и качества осадка

ф) наличие действующих процедур для обеспечения того, чтобы технические характеристики стока соответствовали имеющейся на участке системе очистки стоков или критериев сброса

г) предотвращение байпаса стока мимо системы очистки

h) наличие действующей и работающей закрытой системы, с помощью которой дождевая вода, попадающая в рабочую зону, собиралась бы вместе с водой от промывки цистерн, случайными проливами, водой от промывки бочек и т.д. и возвращение на установку для переработки или сброса в объединенный коллектор

і) сбор дождевой воды в специальный бассейн для дальнейшей переработки в случае обнаружения загрязнений

ј) наличие полностью бетонного основания для дренажных систем внутреннего участка для стоков, которые поступают к накопителям или в коллекторы, в которые может собираться дождевая вода и любые проливы. Коллекторы с переливом в канализацию обычно нуждаются в системах автоматического мониторинга, таких как проверка рН, с помощью которых можно закрыть перелив

к) повторное использование сточных вод и дождевой воды в процессе (например, охлаждающая вода)

l) сброс сточных вод с места их хранения только после заключения о произведенной переработке и последующей заключительной проверки

м) использование полигонного фильтрата как воды, поступающей на аэробное сбраживание

п) технологическая вода и вода ливневой канализации управляются только с помощью закрытой циркуляционной системы

о) частичное повторное использование отработанной воды для получения полимерного раствора

р) методы перемещения процесса химической переработки технологической воды, содержащей ЛОС (еще один специальный пример – загрязненные подземные воды), результатом чего является пониженное содержание ХПК.

Достижимый положительный эффект

С помощью этих способов обычно минимизируются выбросы в нагруженный водоток. С их помощью можно также снизить риск загрязнения технологической или поверхностной воды, а также снизить выбросы, вызывающие запахи, и ЛОС.

Эксплуатационные особенности

Эксплуатация предполагает с надлежащий контроль исходного сырья для обеспечения того, чтобы отходы не препятствовали процессу очистки (например, биологической).

Применимость

Обычно применяется на большинстве установок по очистке сточных вод. Ва-

риант применяемой очистки зависит от типа загрязнения, имеющегося в сточных водах. Однако меры для очистки органических и неорганических загрязняющих веществ иногда бывают общими. В некоторых случаях, особенно для малых участков, очистка сточных вод может проводиться за пределами участка. Эти централизованные внешние очистные сооружения обычно используются для очистки сточных вод от многих установок, не только от установок по обращению с отходами.

Способ d) (см. описание выше) следует рассмотреть особо, поскольку нереально выполнить оценку воздействия на окружающую среду для всех вариантов сброса с установки по обращению с отходами.

Частота применения способа e) иногда будет определяться с учетом риска.

Способ k) может иметь ограничения для применения вследствие повышения концентрации некоторых растворимых компонентов, которые могут мешать процессу очистки сточных вод.

Способ l), как можно предполагать, должен сопровождаться наличием дополнительной емкости для хранения. Потенциально это может быть дорого, и требуется место, в особенности для больших и непрерывных потоков.

Ограничения для реализации

Сбросы сточных вод регулируются местными, региональными, национальными или международными правилами.

Примеры установок

Значительная часть участков в Соединенном Королевстве эксплуатируется как закрытая система, вследствие чего дождевые воды, выпадающие в производственной зоне, собираются и возвращаются на установку для переработки. Имеются некоторые примеры повторного использования воды в процессах имобилизации и на установках для переработки отработанных масел после биологической очистки. Больше примеров повторного использования воды имеется в деятельности для целей промывки и очистки.

### ***3.7.2 Параметры, рассматриваемые перед смешиванием сточных вод***

Описание

Некоторые способы перед смешиванием сточных вод, которые далее должны очищаться, включают в себя:

а) не смешивание сточных вод, которые содержат адсорбируемые органически связанные галогены (АОХ), цианиды, сульфиды, ароматические соединения, бензол или углеводороды (растворенные, эмульгированные или не растворенные)

б) для металлов, используемых как ртуть, кадмий, свинец, медь, никель и хром в качестве параметров классификации для сточных вод, поскольку они бывают в сточных водах частично в растворенной форме, а частично в виде взвешенных сульфидов, следует стремиться снижать их концентрации на очистных сооружениях. Эти параметры служат также для контроля эффективности очистки сточных вод

с) обеспечение принятия мер по отделению стоков, если контрольные образцы указывают на потенциальное нарушение технических условий. Такого рода события необходимо регистрировать в журнале наблюдений

д) отделение систем сбора для потенциально более загрязненных вод (например, от хранения и мест загрузки/разгрузки) от менее загрязненных вод (например, дождевой воды)

е) отделение дренажных систем от мест хранения воспламеняемых отходов для предотвращения распространения пожара вдоль дренажной системы от растворителей или других воспламеняющихся углеводородов.

Достижимый положительный эффект

Удается избежать проблем при дальнейшей очистке и разбавлении.

Эксплуатационные особенности

В отходах и сточных водах часто содержатся смеси жестких и мягких соединений ХПК, которые могут или не могут воздействовать на содержание БПК.

Применимость

Способ д) обычно реализуется в двух отдельных системах. Одна система предназначена для дождевой воды, обычно не очищаемой, а другая – для сбора всех остальных стоков, которые обычно очищаются вместе. В некоторых случаях дождевая вода, поступающая от хранения или мест загрузки/разгрузки, может быть более загрязненной.

Примеры установок

Процедуры, проводимые на установках для физико-химической обработки, гидравлически разделены на загрязненные сточные воды и незагрязненную дождевую воду. Установки для физико-химической обработки имеют две отдельные технические системы обезвоживания.

Что касается пункта е), то имелся ряд случаев в Соединенном Королевстве, когда пожар распространялся с одной территории участка на другую через дренажную систему.

### **3.7.3 Первичная очистка сточных вод**

Описание

Некоторые способы включают в себя:

а) обеспечение требования отсутствия видимых следов нефтепродуктов в принимаемых стоках. Такая проверка должна включать в себя процедуры для обеспечения правильной конфигурации, эксплуатации и обслуживания установки для сепарации воды и нефти

б) осуществление отгонки воздуха в аэрационных бассейнах фильтрата с полигонов перед их смешиванием со сточными водами от установки.

Достижимый положительный эффект

Удаление или уменьшение концентрации целевых веществ в сточных водах. В отношении способа б) в описании выше, такая система предназначена для удаления любого избыточного аммиака и метана из фильтратов перед тем, как выбросы этих веществ будут направлены непосредственно в атмосферу или

станут причиной риска возможности взрыва в канализации. С одного участка было сообщено об оцененном выбросе пяти тонн аммиака в год.

#### Применимость

Отгонка воздухом используется для удаления галогенированных и не галогенированных углеводородов из разбавленных водных растворов для того, чтобы была возможность переработки остаточного раствора на очистных сооружениях без превышения нормы сброса для стоков. Углеводороды утилизируются в угольных фильтрах. Отгонка воздухом идеально годится для потоков с низкой концентрацией (<200 частей на млн.). Процесс отгонки паром дает возможность снижения ЛОС в воде до очень низких концентраций (т.е. до уровней частей на млрд.).

### 3.7.4 Вторичная очистка сточных вод

#### Описание

Некоторые способы включают в себя:

а) наличие собственной установки для очистки стоков, в которой используется вакуумная фильтрация для удаления коллоидных твердых частиц

б) обеспечение минимальных уровней металлов в растворе, обычно с помощью корректировки рН до надлежащего уровня, требуемого для поддержания минимальной растворимости

с) обеспечение очистки стоков от цианидов (окисление цианидов) до завершения процессов, обычно за счет поддержания  $\text{pH} > 10$ , и предотвращения выноса  $\text{NaOCl}$  вследствие превышения установленной дозы расхода

д) наличие системы нейтрализации рН

е) использование процесса флокуляции для получения фильтровального кека, с нейтрализацией фильтрата и сбросом в канализацию для управления отходами латексного молока и загрязненной дождевой водой на участке. В заключительном анализе кека концентрация азота должна составлять 51 мг/кг кека.

#### Достижимый положительный эффект

Осаждение и флокуляция используются для преобразования растворенных веществ в твердые и для концентрации их таким образом, чтобы их можно было разделить с помощью корректировки к подходящему значению рН.

При осаждении происходит перенос растворенных неорганических и органических веществ в нерастворимую твердую фазу с помощью химической реакции. В течение флокуляции используются физико-химические процессы (дестабилизация, создание микро- и макроскоплений) для приведения мелких взвешенных или коллоидных веществ в состояние, в котором их можно отделить от жидкой фазы с помощью механических процедур (например, седиментации, флотации, фильтрации). На практике часто имеют место осаждение и флокуляция параллельно с процессами адсорбции.

#### Эксплуатационные особенности

Некоторые неорганические и органические комплексообразующие аген-

ты, содержащиеся в воде, можно разрушить или подавить с помощью реакции осаждения.

Высокие концентрации нейтральных солей повышают остаточную растворимость при нейтральном осаждении металлов. Если требования, относящиеся к концентрациям остаточных металлов, не выполняются, необходимы дальнейшие этапы очистки, например, дополнительное осаждение в виде сульфидов, фильтрация, ионный обмен и т.д.

Для того чтобы обеспечить оптимальные условия, может потребоваться предварительная обработка осаждением и флокуляцией. Это может быть связано с разделением легких веществ, расслаиванием эмульсии, комплексным разрушением или систематическим удалением, детоксикацией или предотвращением появления веществ, которые могут сорвать реакцию или последующее отделение твердых частиц. Это, возможно, также приведет к требованию раздельной переработки отходов и сточных вод от их переработки.

Если в сточных водах содержатся поверхностно-активные вещества, которые могут вызвать пенообразование в реакционных емкостях, необходимо принять меры противодействия.

#### Применимость

Химическое осаждение используется главным образом для удаления ионов металлов из сточных вод и для химического удаления фосфатов. Помимо отделения продуктов осаждения, при флокуляции также удаляются взвешенные твердые частицы и соединения с более высоким молекулярным весом.

Для осаждения и флокуляции следующие моменты могут быть важными, и их следует учитывать:

- химическое осаждение должно привести к образованию соединений с соответствующим продуктом с низкой растворимостью
- для того, чтобы обеспечить оптимальный контакт между участниками реакции, необходимо хорошее смешение в реакторе осаждения. Эффективная флокуляция требует также быстрого и равномерного распределения флокулянтов. Применение перемешивания помогает создать фрагменты, которые хорошо осаждаются, хотя следует избегать чрезмерно больших усилий в этом направлении
- разделение фазы коагуляции (компенсация электрического потенциала коллоидов) и фазы флокуляции на два различных этапа является приемлемым способом во многих случаях для достижения хороших результатов флокуляции
- подпитка осадка улучшает образование компактных, тяжелых фрагментов и обеспечивает оптимальное использование реагентов
- многостадийный процесс осаждения и флокуляции помогает в поэтапном достижении оптимальной величины рН и в эффективном сочетании различных способов осаждения и флокуляции (например, гидроксидное осаждение с последующим сульфидным осаждением).

### 3.7.5 Третичная очистка сточных вод

#### Описание

Для удаления биоразлагаемых органических соединений и соединений азота, как многократно было продемонстрировано, эффективными являются процессы биологической очистки. В отличие от других способов очистки при биологической очистке используются микроорганизмы, которые могут реагировать на разнообразные граничные условия их существования, и, поэтому, в состоянии оптимально воздействовать на соединения, которые должны быть разрушены (адаптация). В анаэробных условиях развиваются различные популяции бактерий, которые позволяют разрушить широкий набор веществ. В оптимальном случае разрушение происходит до момента, когда образуются такие неорганические вещества как  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$  (минерализация). Некоторые способы третичной очистки включают в себя:

а) применение биологической очистки для сточных вод с высоким содержанием БПК. Вредные и стойкие вещества, составляющие часть нагрузки по ХПК, такие как растворители, пестициды, органические соединения галогенов и др. органические вещества, могут адсорбироваться на твердых и коллоидных частицах, а затем удаляться как твердый осадок. Процесс очистки не определяет эффективность этого, и удаление в высшей степени вариабельно. В качестве практического правила для облегчения биоразложения, отношение ХПК/БПК стоков в канализации обычно не должно превышать 10:1

б) осаждение

с) уплотнение осадка и обезвоживание

д) водовоздушное окисление.

Достижимый положительный эффект

Снижение БПК и соответствующее снижение нагрузки по ХПК сточных вод. В то же самое время можно улавливать азот и некоторые микроэлементы (например, цинк) с помощью биологической очистки. Разрушение органических соединений проводится с помощью микроорганизмов, активность которых зависит в основном от условий окружающей среды для них, которые вызывают определенную степень флуктуации в эффективности процесса.

**Таблица 3.76 КОНЦЕНТРАЦИЯ В СТОКЕ НА УСТАНОВКЕ ДЛЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДО И ПОСЛЕ ТРЕТИЧНОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД**

Параметр	Исходный материал (первичный сток)		Сток после биологической очистки (последовательно-циклический реактор)	
	Минимум (мг/л)	Максимум (мг/л)	Минимум (мг/л)	Максимум (мг/л)
ХПК	2500	12000	600	1500
НН4-N1	25	16000	<1	150
Нитриты	10	300	<1	<1
Нитраты	10	1000	<1	<1
Фенолы	10	500	<2	<2
Содержание нефти	-	-	<0,5	-
1 Сток после биологической очистки: часто около 20 мг/л				

Воздействие на окружающую среду

Минерализация органического вещества и образование биомассы. С помощью процессов адсорбции и бионакопления неорганические и не разрушаемые органические соединения могут накапливаться в биомассе.

Эксплуатационные требования

Некоторые органические и неорганические составляющие сточных вод могут оказывать токсичное воздействие на популяцию бактерий. Вследствие потребности в азоте для биологических процессов низкие концентрации фосфора могут стать ограничивающим фактором для жизни бактерий (эта проблема, возможно, решается с помощью систематической добавки питательных веществ). Для всех способов биологической очистки, используемых в настоящее время, необходимо рассмотреть ряд особых характеристик и граничных условий:

- для биологического разложения необходимы питательные вещества (азот, фосфор) и следовые элементы (металлы и т.д.)
- оптимальный диапазон рН (обычно рН 6,5-8,5) должен поддерживаться в реакторе
- необходимо поддержание в процессе содержания кислорода выше 1 мг/л
- активность микроорганизмов возрастает с ростом температуры, до оптимума примерно при 30-35°C. Ниже 10°C скорость реакции обычно резко снижается.
- для функционирования системы особое значение имеет удержание биомассы.

Биологические установки должны проектироваться с достаточным временем пребывания для достижения адекватного разложения более сложных соединений, находящихся в стоках.

Важным является также возраст осадка. Оптимальная рабочая температура также может помочь разложению. Некоторые аэробные установки в настоящее время планируются для работы при 30°C.

Применимость

Биологическая очистка является очень эффективной технологией для удаления:

- большого количества биоразлагаемых органических соединений углерода. Даже, если анализ сточных вод указывает на низкое биоразложение (отношение БПК<sub>5</sub>/ХПК <0,1), 40-50% ХПК все еще можно удалить (только с небольшим образованием биомассы)
- соединений азота. Органический азот и аммонийный азот можно перевести через нитриты в нитраты. Можно достичь значений выбросов ниже 10 мг NH<sub>4</sub><sup>+</sup> - N/л, <1 мг NH<sub>4</sub><sup>+</sup> - N. Нитраты и нитриты можно перевести в элементарный азот.

Примеры установок

Широко используются в секторе.

### **3.7.6 Окончательная очистка сточных вод**

Описание

Окончательная очистка (доводка) относится к любому процессу, который

считается стадией "доводки" обычно после третичной очистки, если она имеется, и которая может также включать в себя утилизацию некоторых веществ. Некоторые способы перечислены в табл. 3.77.

Таблица 3.77 **ОКОНЧАТЕЛЬНАЯ ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД**

Способ	Описание
Макрофильтрация	Фильтрация через песчаный слой, смешанная среда (например, смеси песка/антрацита) или более специализированные типы фильтрационных сред, такие как гранулированный активированный уголь (GAC)
Интенсивное восстановление	
Водовоздушное окисление	Водовоздушное окисление является методом физико-химической деструктивной обработки, который используется для очистки сточных вод с высокими уровнями ХПК, которые не пригодны для непосредственного сброса на очистные сооружения, но которые слишком дороги для сжигания
Интенсивное окисление с гидразином	
Ионный обмен	Удаление нитратов, металлов и концентрация металлов

#### Достижимый положительный эффект

Выгоды этих видов очистки состоят в окончательной "доводке" стоков и утилизации веществ из стоков перед их повторным использованием или сбросом в канализацию, поверхностные воды и т.д.

Здесь могут быть возможности для применения этих способов фильтрации (включая песчаные фильтры) с целью удаления твердых частиц в стоках, и, тем самым, предлагая средство для снижения уровня взвешенных твердых частиц в стоке.

При макрофильтрации удаляются взвешенные твердые частицы, некоторые химические вещества, удаляются вкусовые свойства и запахи.

#### Эксплуатационные особенности

При макро фильтрации с помощью GAC необходима регенерация угля, которая обычно проводится с помощью сжигания.

Для фильтрационных процессов необходимо давление. В некоторых случаях необходимо очень высокое давление (например как в случае обратного осмоса).

Попытки использования водовоздушного окисления для некоторых видов очистки столкнулись с появлением проблем, связанных с гетерогенностью и переменным составом исходного материала; и как следствие в настоящее время оно не используется в секторе. Хотя имеются применения в других секторах, так как способ годится для определенных процессов, проводимых на участке.

#### Применимость

Адсорбция является простым и надежным способом, и возможна работа в периодическом режиме.

#### Ограничения в применении

Необходимость такой очистки диктуется тремя потенциальными факторами:

- требованием соответствия условий сброса, установленным в разрешении

- возможностью рециклинга сточных вод для технологической воды или промывки

- помощью в утилизации, таких отходов, как масла из воды, загрязненной маслами, например, с помощью ультрафильтрации.

Фильтрационные системы в настоящее время используются некоторыми водопользователями для сбросов из очистных сооружений, главным образом для контроля патогенных организмов в стоках.

Гидразин является опасным веществом, и в отчетах указано, что его использование запрещено, по крайней мере, в одном государстве-члене.

Примеры установок

Имеется пример установки, когда 90% выбросов ртути поступало от загрязнения почвы, которая из почвы затем просачивалась в систему трубопроводов. На заводе компании Akzo Nobel<sup>14</sup> в городе Бохус (Швеция) на хлоро-щелочной установке по методу электролиза с ртутным катодом система удаления ртути из сточных вод состоит из смесителя, в который добавляется гидразин к сточным водам, двух отстойных резервуаров, песочных фильтров, фильтров с активированным углем и ионообменных фильтров. Расход очищаемых сточных вод составлял 7 м<sup>3</sup>/ч с содержанием ртути 3000-5000 мкг/л в 1997 г., при остаточном содержании ртути в сточных водах 5-8 мкг/л, что соответствовало выбросам 0,005 г Hg/тонну производительности по хлору. Общие выбросы ртути в воду с участка составляли приблизительно 0,045 г Hg/тонну производительности по хлору, что означало, что около 10% выбросов приходилось на выбросы с процесса, а остальные 90% на косвенные выбросы осажденной ранее ртути, которая в конечном итоге попадала в сточные воды.

### 3.7.6.1 Испарение

Описание

Целью этого вида обработки является концентрация содержимого сточных вод в более легко управляемые объемы.

За счет разделения испарения на несколько более мелких стадий и использования вакуума (для того, чтобы снизить температуру кипения) можно оптимизировать использование энергии.

В зависимости от температуры испарение обычно происходит без химических преобразований веществ. В течение концентрирования могут образовываться фазы, которые являются благоприятными для дальнейшего разделения (например, кристаллизация).

Достижимый положительный эффект

Снижается количество очищаемых сточных вод.

Воздействия на окружающую среду

Имеется рост потребления энергии. Если материал не пригоден для утилизации, остатки от испарения можно депонировать на полигоне после соответ-

<sup>14</sup> Крупнейший в мире производитель красок. Компания была образована в 1994 г. после слияния голландской компании Akzo N.V. и шведской компании NobelIndustriesofSweden.

ствующей переработки (такой как сушка, обезвоживание, кондиционирование) в соответствии с содержанием. Так как испарение приводит к слегка загрязненному конденсату из пара, в идеальном случае, конденсат должен подвергаться последующей обработке и очистке в соответствии с содержанием.

Эксплуатационные особенности

Ограничения для переработки:

- при выборе материалов, поступающих на установку испарения необходимо учитывать содержимое сточных вод

- если в сточных водах содержатся поверхностно-активные вещества, которые могут привести к пенообразованию в течение процесса испарения, должны быть приняты меры для снижения пенообразования. В дополнение к установке сепараторов, может потребоваться использование противовспенивающих компонентов.

Должны быть в наличии установки для механического удаления "поверхностных отложений" или для сброса твердых веществ, которые накапливаются в течение испарения.

Применимость

Обработка годится для сильно загрязненных сточных вод, из которых необходимо удалить все неорганические и органические содержимые. Испарение годится, например, для дальнейшего концентрирования сточных вод, уже загустевших после обратного осмоса или ультрафильтрации.

Примеры установок

Физико-химическая очистка сточных вод.

### 3.7.6.2 Адсорбция

Описание

Адсорбция активированным углем применяется главным образом для отделения органических веществ от сточных вод. В настоящее время используется два разных подхода:

- добавка в основном порошкообразного активированного угля к очищаемым сточным водам
- пропускание сточных вод через несколько адсорбционных колонн, расположенных последовательно, которые заполнены гранулированным активированным углем.

Достижимый положительный эффект

Снижается содержание органических веществ в сточных водах.

Воздействия на окружающую среду

При использовании порошкообразного угля последний можно отделить от сточных вод после использования. В зависимости от адсорбируемых веществ его можно сжигать или депонировать на подходящих полигонах. Гранулированный углерод обычно утилизируется на специальных установках.

Применимость

Этот процесс обработки пригоден главным образом для удаления органиче-

ских веществ из сточных вод. Если индивидуальные загрязняющие вещества или их группы (например, АОХ) должны удаляться отдельно, процесс можно оптимизировать с помощью определения характерных свойств сточных вод (типа и количества веществ), и, тем самым, адсорбцию можно адаптировать к индивидуальным случаям (форма и свойства углерода, время адсорбции, размер колонны и размещение и т.д.).

Так как твердые частицы занимают поверхность активированного углерода, и, таким образом, блокируют поры, их необходимо удалять перед обработкой активированным углем.

Примеры установок

Адсорбция активированным углеродом часто используется для того, чтобы оператор мог превысить предельно допустимые значения АОХ  $\leq 1$  мг/л. Адсорбция активированным углеродом, однако, не позволяет селективно отделить материалы, образующие АОХ, а скорее отделяется множество других органических веществ.

### 3.7.6.3 Ультрафильтрация через полупроницаемую мембрану

Описание

Отделение веществ в мембранных процессах осуществляется за счет различной проницаемости мембраны по отношению к различным химическим компонентам. Имеется, по крайней мере, один компонент в смеси веществ, который отделяется – обычно растворитель – который в состоянии пройти через мембрану без сопротивления, в то время как другие элементы задерживаются в большей или меньшей степени. Фракция, которая удерживается, представляет собой концентрат; материал, который проходит через мембрану, называется фильтратом.

Следующие процессы обработки, группирующиеся в соответствии с размером пор, в настоящее время имеют техническое применение:

- микрофильтрация (MF)	(>0,6 мкм,	>500000 г/моль)
- ультрафильтрация (UF)	(>0,1 – 0,01 мкм,	>1000 - 500000 г/моль)
- нанофильтрация (NF)	(>0,01 – 0,001 мкм,	>100 – 100 г/моль)
- обратный осмос (RO)	(>0,001 мкм,	<100 г/моль)

Некоторые проблемы, требующие рассмотрения, включают в себя:

- а) величина рН в сточных водах, которые должны очищаться, может изменяться для того, чтобы ускорить реакции и (или) увеличить величину загрузки
- б) фильтр тонкой очистки можно установить перед адсорбентом из активированного углерода для удержания вредных твердых частиц
- с) увлажнение активированного угля с использованием мелкозернистого гранулята вместо порошка и подача его ниже уровня воды в реактор/бассейн может помочь в преодолении проблем, связанных с образованием пыли при перемешивании.

### Достижимый положительный эффект

При использовании мембранных технологий сточные воды с органическими и неорганическими загрязняющими веществами можно очищать без значительных добавок химикатов.

### Воздействия на окружающую среду

За счет оптимизации процесса фильтрат мембранной установки должен обычно в достаточной степени очищаться для рециклинга в промышленном процессе или для соблюдения минимальных стандартов качества для сброса в водные объекты. Концентрат обычно подвергается дальнейшим видам обращения, а именно:

- повторное использование
- размещение
- испарение
- иммобилизация.

### Применимость

Мембранные способы, используемые для отделения веществ и накапливания, становятся ключевой технологией в очистке воды и сточных вод вследствие отсутствия необходимости использования химикатов – за исключением очистки мембраны – вследствие чисто технической природы отделения. Как следствие, отделяемые компоненты ни химически, ни термически не загрязнены. С учетом этих факторов экономичность обработки делает ее эффективной даже на небольших установках и при децентрализованной очистке воды в местах происхождения.

Применимость мембранных способов находится под влиянием, как конструкции, так и проекта модулей/мембранных систем и ряда дополнительных ограничивающих факторов:

- повреждающих факторов: свободный хлор, органические растворители, сильные окислители
- блокирующие факторы
- засорение (гидроксиды металлов, коллоидные частицы, биологические вещества, органические вещества)
- образование твердых отложений (осаждение солей с низкой растворимостью)
- факторы, мешающие эффективности осмотическое давление, вязкость.

Однако эти факторы обычно не являются исключительными только для мембранных способов. Тем не менее, они обычно требуют подробной предварительной оценки воды, которая должна очищаться в отношении:

- выбора мембраны (полимер или керамика)
- выбора материала (синтетический, покупной)
- необходимой предварительной обработки (фильтрация, ингибирование, биоцидами и т.д.)
- программы очистки (кислотная, щелочная)

## Примеры установок

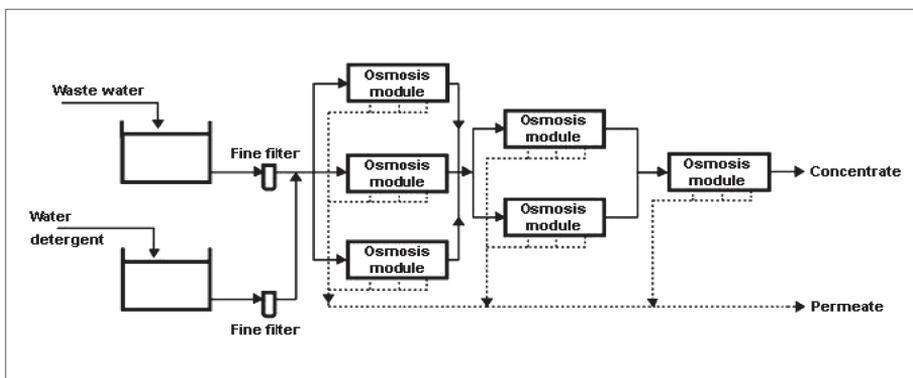


Рисунок 3.11 - Пример диаграммы, отражающей установку обратного осмоса с тремя производственными стадиями

Пояснения к рисунку:

Wastewater – сточные воды

Waterdetergent – моющее средство

Finefilter – фильтр тонкой очистки

Osmosismodule – осмотический модуль

Concentrate – концентрат

Permeate - фильтрат

Справочная литература

[134, UBA, 2003], [150, TWG, 2004]

4.7.6.4. Озонная/ультрафиолетовая обработка

## Описание

Сильно загрязненные сточные воды можно очистить одним озоном или очисткой озоном и ультрафиолетовой обработкой в сочетании с процессами биологической очистки.

Реакция озона представляет собой реакцию в жидкой фазе. При значениях рН ниже 9 озон реагирует в ионной форме, разлагаясь на молекулу кислорода и оставляя активный атом кислорода, или как радикал, когда происходит адсорбция всей молекулы к органическому углероду с двойными связями, которые разрушаются при значениях рН выше 9. Из озона при воздействии ультрафиолетовой обработки могут также образовываться радикалы кислорода или гидроксильные радикалы. Эти радикалы химически даже более активны, чем озон.

В дополнение к этому, соединения азота могут разрушаться за счет сочетания озонной обработки с биологическими процессами. При этом сточные воды подаются насосом в контейнер денитрификации. К поступающему потоку добавляют фосфорную кислоту. Перед тем, как жидкость поступит в контейнер денитрификации, добавляют возврат из нитрификации.

В озоновых реакторах озон может реагировать с окисляющимися веществами, содержащимися в сточных водах. В последующих ультрафиолетовых реакторах озон, который все еще остается в сточных водах, разрушается или превращается в радикалы, которые затем также реагируют с органическими веществами.

Остающийся кислород используется аэробными бактериями для нитрификации.

После обработки озоном и ультрафиолетовым облучением часть воды из цикла сбрасывается из процесса в выходной поток как очищенные сточные воды.

Достижимый положительный эффект

Окисление в жидкой фазе одним озоном или озоном в сочетании с ультрафиолетовым облучением снижает концентрацию:

- растворенных органических углеводов (DOC)
- галогенированных углеводов
- полициклических ароматических углеводов (PAC)
- пестицидов
- диоксинов
- (патогенных) микроорганизмов.

Целью окисления в жидкой фазе является непосредственное разрушение загрязняющих веществ при низком давлении и температуре. Озон реагирует со всеми органическими веществами, в которых содержатся двойные связи углерод – углерод.

Некоторые алифатические соединения с короткими цепями соединения углерода с галогенами трудно реагируют с озоном. Связи этих молекул можно легче разрушить, если озон и ультрафиолетовое облучение применяются в сочетании.

В зависимости от граничных условий (тип содержимого сточных вод, поступление озона, время реакции) в процессе реакции может образовываться диоксид углерода в точке полного окисления и биологически разрушаемые вещества (повышение БПК) или вещества, которые с трудом подвергаются биоразложению.

Воздействия на окружающую среду

Если озono/ультрафиолетовая обработка объединяется с биологической стадией, образуются осадки от биологической обработки, которые затем должны подвергаться дополнительной обработке.

Применимость

Следует отметить некоторые проблемы:

- алифатические соединения с длинными цепями без двойных связей не изменяются под воздействием озono/ультрафиолетовой обработки
- для окрашенных или мутных сточных вод обработка возможна только, если ультрафиолетовая обработка не является обязательной для разрушения содержимого
- неорганические вещества, содержащиеся в сточных водах, не изменяются, а при высоких концентрациях солей процесс может быть сорван.

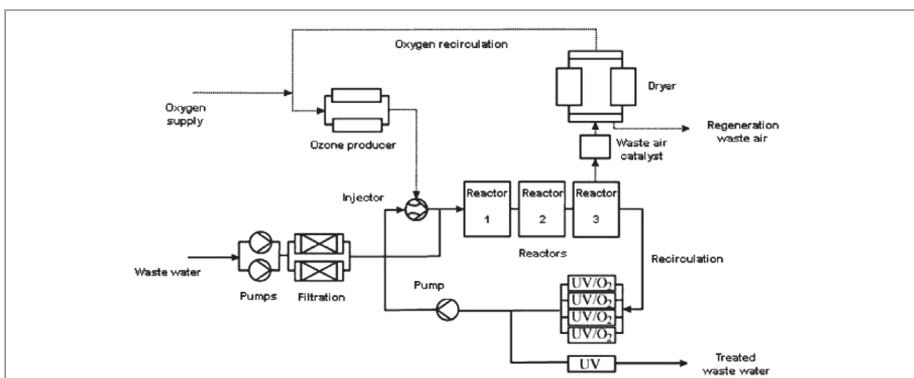


Рисунок 3.12 - Пример технологической схемы, показывающей озono/ультрафиолетовую очистку сточных вод. Пояснения к рисунку:

Oxygen supply – подача кислорода

Waste water – сточные воды

Pumps – насосы

Filtration – фильтрация

Injector – инжектор

Ozone producer – источник озона

Oxygen recirculation – рециркуляция кислорода

Dryer – сушильный аппарат

Waste air catalyst – катализатор отработанного воздуха

Regeneration waste air – регенерация отработанного воздуха

Reactor – реактор

Recirculation – рециркуляция

Treated waste water – очищенные сточные воды

UV/O<sub>2</sub> – ультрафиолетовое облучение/O<sub>2</sub>

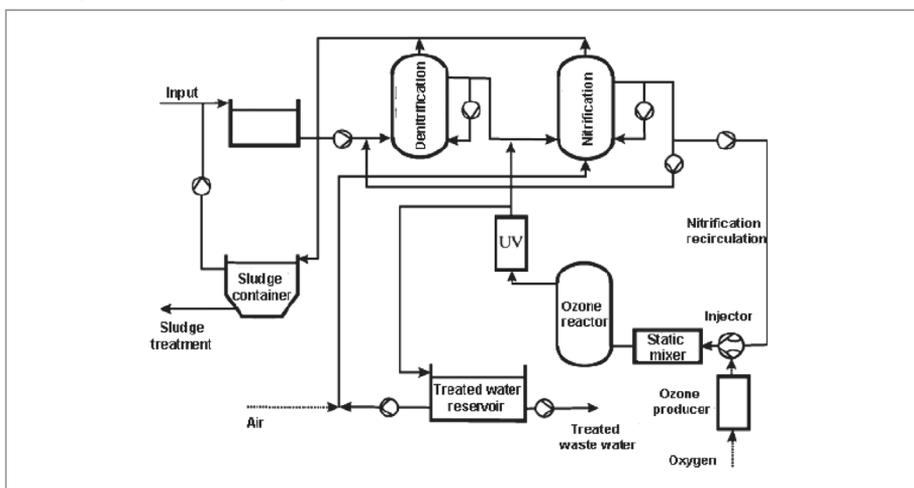


Рисунок 3.13 - Пример технологической схемы, показывающей биологическую и ультрафиолетовую обработку

Пояснения к рисунку:

Input – вход

Sludge treatment – очистка осадка

Sludge container – контейнер для осадка

Denitrification – денитрификация

Nitrification – нитрификация

UV – ультрафиолетовое облучение

Treated water reservoir – резервуар очищенной воды

Ozone reactor – озоновый реактор

Nitrification recirculation – рециркуляция нитрификации

Air – воздух

Treated waste water – очищенная сточная вода

Static mixer – стационарный смеситель

Injector – инжектор

Ozone producer – источник озона

Oxygen – кислород

### 3.7.7 Компоненты отчетности в стоках, образующихся на установках по обращению с отходами

Описание

Этот раздел предназначен для того, чтобы дать некоторые направления в отношении типов параметров воды (загрязняющих веществ), которые должны анализироваться в стоках, поступающих от установок по обращению с отходами. В табл. 3.78 приведена информация об анализируемых параметрах воды, достижимых уровнях, частоте измерений и указании о том, когда такой параметр подвергается постоянному мониторингу, и для какого типа установок по обращению с отходами требуется тот или иной параметр.

Таблица 3.78 ПАРАМЕТРЫ ВОДЫ, ПОДВЕРГАЕМЫЕ МОНИТОРИНГУ НА НЕКОТОРЫХ УСТАНОВКАХ ПО ОБРАЩЕНИЮ С ОТХОДАМИ

Параметр воды	Достижимые уровни выбросы (мг/л)	Среднее по времени (непрерывное, ежесуточное, ежемесячное, годовое)	Примеры установок обращения с отходами, от которых есть сведения о параметре
pH		Непрерывно	Все
Сухое твердое вещество	17000-27000	Непрерывно	Установки для физико-химической переработки
Взвешенные твердые вещества	0,1-79	Непрерывно	Все
Электропроводность (мкСм/см)	900-21000	Ежемесячно	Установки для физико-химической переработки
Общий азот	110-3500		Биологическая и физико-химическая переработка
Аммиак	10-2500		Биологическая и физико-химическая переработка

Параметр воды	Достигаемые уровни выбросы (мг/л)	Среднее по времени (непрерывное, ежесуточное, ежемесячное, годовое)	Примеры установок обращения с отходами, от которых есть сведения о параметре
Нитриты	0,01-10		Все
Нитраты	0,9-10		Биологическая и физико-химическая переработка
Общий фосфор	<0,1-0,4		Установки для физико-химической переработки
Хлориды общие	1500-18240		Биологическая и физико-химическая переработка
Хлориды свободные	≤0,1-0,4		Установки для физико-химической переработки
Цианиды свободные	≤0,01-0,1		Установки для физико-химической переработки
Фториды	0,5-10		Установки для физико-химической переработки
Цианиды общие	≤0,01		Установки для физико-химической переработки
Сульфаты	65-1070		Установки для физико-химической переработки
Сульфиты	≤1-50		Установки для физико-химической переработки
Сульфиды	≤0,01		Установки для физико-химической переработки
Водная токсичность			
Микробные индикаторы (например, патогенны)			
Светящиеся бактерии			
БПК	20-3000		
ВТЕХ	<0,1-0,7		Установки для физико-химической переработки
ХПК	120-5000		Все
Моющие средства	0,8-5,3		
Углеводороды	<0,1-3,8		Все
РАН			

Параметр воды	Достигаемые уровни выбросы (мг/л)	Среднее по времени (непрерывное, ежесуточное, ежемесячное, годовое)	Примеры установок обращения с отходами, от которых есть сведения о параметре
	0,1-05		Все
Фенолы	0,1-1,9		Установки для физико-химической переработки
ЛОС	<0,01-0,1		Установки для физико-химической переработки
Растворители			
ТОС			
ТРН			
Металлы		Ежемесячно	Установки для физико-химической переработки
Ag	≤0,1		
Al	<0,1-2		Мышьяк содержащие отходы, физико-химическая обработка
As	<0,1-0,1		Мышьяк содержащие отходы, физико-химическая обработка
Ba	≤5		Установки для физико-химической переработки
Cd	≤0,1		Установки для физико-химической переработки
Co	<0,1-1,0		Установки для физико-химической переработки
Cr (VI)	<0,01-0,1		Установки для физико-химической переработки
Cr	<0,1-0,5		Установки для физико-химической переработки
Cu	<0,1-0,5		Установки для физико-химической переработки
Fe	0,1-5,2		Установки для физико-химической переработки
Hg	0,001-0,01		Установки для физико-химической переработки
Mn	<0,1-0,9		
Ni	<0,1-1,0		Установки для физико-химической переработки

Параметр воды	Достигаемые уровни выбросы (мг/л)	Среднее по времени (непрерывное, ежесуточное, ежемесячное, годовое)	Примеры установок обращения с отходами, от которых есть сведения о параметре
Pb	<0,1-0,5		Установки для физико-химической переработки
Se	<0,1		Установки для физико-химической переработки
Sn	<0,1-2,0		Установки для физико-химической переработки
Zn	<0,1-2,0		Установки для физико-химической переработки

Достигаемый положительный эффект

Идентификация и оказание помощи в мониторинге загрязняющих веществ, которые обычно выделяются.

Примеры установок

В общем, содержание сброса отражает тип деятельности, проводимой на участке, т.е. требуется обращаться с большими объемами растворителя для проверки содержания растворителя; для других веществ может потребоваться просто проверка рН и ХПК.

291

### **3.7.8 Примеры некоторых установок для очистки сточных вод в секторе**

Пример сооружений для очистки сточных вод, используемых на установках для переработки отработанных масел, включает в себя сточные воды, направляемые через установку для физико-химической переработки, где добавляется хлорид железа в качестве флокулянта, и осадок уходит на фильтр-пресс. Водная фаза затем может дозироваться полиэлектролитами и известью для повышения рН и для образования другого слоя осадка, который направляется на пресс для отжима. Фильтрат с пресса и надосадочная жидкость должны направляться на биологическую очистку, но теперь раствор должен быть по существу свободен от остатков масла и металлов, а общий уровень ХПК также должен снизиться.

## **3.8 Управление остатками**

Слово "остатки", используемое в этом разделе, означает твердые отходы, образующиеся от деятельности по переработке отходов, и оно не относится непосредственно к типу отходов, перерабатываемых на установке. Это то же самое условие, которое использовано в Главе 3 и по всему тексту этого документа (см. также Глоссарий). Напомним, что в Главе 3 отходы, выходящие с установки, называются выходящими отходами. Эти выходящие отхо-

ды имеют прямое отношение к отходам, поступающим в установку. В Главе 3 такие выходящие отходы называются отходами, образующимися в процессе, как схематически было представлено на рис. 3.1. В этом разделе рассмотрены следующие типы способов:

- способы снижения количества отходов, образующихся при переработке (анализ проводился в каждом предыдущем разделе этой главы)
- управление отходами, образующимися при переработке
- те способы, которые сконцентрированы на снижении загрязнения почвы.

### **3.8.1 План управления отходами**

#### Описание

Минимизация отходов является системным подходом к снижению отходов в источнике образования путем понимания этого и необходимости изменения процесса и деятельности по предотвращению и уменьшению количества отходов. Под общим названием минимизации отходов можно классифицировать разнообразные способы, и они варьируются:

- от основных способов управления
- через способы статистических измерений
- до применения чистых технологий
- и до использования отходов в качестве топлива.

В частности, некоторые способы включают в себя:

а) проведение анализа осадков/фильтровального кека для обеспечения того, чтобы цели процесса переработки были достигнуты и чтобы процесс осуществлялся эффективно. Фильтровальный кек и осадки от переработки обычно анализируются менее часто, но анализ мог бы дать возможность рассчитать уровень металлов. Фильтровальный кек и осадки от переработки обычно бывают не пригодны для полигонного депонирования, так как они не отвечают критериям Полигонной директивы:

б) идентификация, определение характеристик и количественное определение каждого потока образующихся отходов и того, что необходимо для удаления их с установки. Ведение системы отслеживания отходов, которая может помочь операторам регистрировать количество, природу, происхождение и когда это важно, предназначение, частоту сбора, вид транспорта и метод переработки любого вида отходов, которые размещаются или утилизируются на этом участке

с) идентификация нынешних или предлагаемых мероприятий по обращению с отходами

д) полное описание того, как предлагается каждый поток отходов утилизировать или размещать. Если они предназначены для размещения, необходимо объяснить, почему технически и экономически невозможна утилизация, а затем надо описать/объяснить меры, планируемые для предотвращения или снижения воздействия на окружающую среду

е) обеспечение того, чтобы содержание сухих твердых частей было не менее 15 вес.% для облегчения управления смесью

ф) обеспечение того, чтобы проводился анализ накапливающейся пыли, требующей размещения, для того, чтобы обеспечить правильный выбор маршрута размещения, например, для рН, ХПК, тяжелым металлам и др. известным загрязнителям в проливе.

Некоторые способы минимизации включают в себя:

г) рециклинг фильтровального кека, образующегося при переработке кислотных и щелочных растворов и осаждении металлов, так как в нем могут быть такие уровни таких металлов как цинк и медь, которые позволяют иметь выбор для утилизации металлов

h) рециклинг загрязненных бочек. Неповрежденные 205-литровые бочки и 800 и 1000-литровые пластиковые контейнеры IBC можно утилизировать с проведением очистки и восстановительного ремонта. Поврежденные контейнеры, для которых нет рынка и в которых содержались неопасные материалы, можно отправить на рынок вторичных металлов. При возможности порожние контейнеры, которые не находятся в нормальном состоянии и которые пусты, или содержат только незначительное количество остаточных отходов, необходимо направить на восстановительный ремонт и повторное использование или рециклинг

i) использование многоразовых контейнеров вместо бочек для всех целей

j) использование отходов с достаточной теплотворной способностью и низкими уровнями загрязнения (см. Разделы по энергетическим системам) в качестве первичного/вспомогательного топлива

k) применение операций поддержания чистоты, которые могут быть такими простыми как подметание перед мытьем полов, так как эти меры могут значительно снизить объемы отходов.

Достижимый положительный эффект

Упомянутые шаги помогают обеспечить разумное использование природных ресурсов и могут снизить образование отходов на установках, на которые отходы поступают. Снижение выбросов при управлении остатками, образующимися при обращении с отходами на установках, и минимизация образования остатков, также помогают в идентификации надлежащего маршрута размещения.

Растворимые загрязняющие вещества могут появиться в растворителе для элюирования с водой, удаляемой после работы фильтр-пресса.

Воздействия на окружающую среду

Сжигание остатков может привести к более высоким выбросам в воздух, чем при использовании обычных топлив.

Эксплуатационные особенности

В отношении способа h) (в описании выше) перед повторным использованием бочек необходимо удалить этикетки и надписи.

Применимость

Использование остатков в качестве топлива является обычным для установок переработки отработанных масел.

Повторное использование упаковки и поддонов зависит также от того, сделана ли упаковка для повторного использования или нет. В некоторых случаях такое повторное использование может привести к конфликту с европейскими правилами, регулирующими международные автотранспортные перевозки опасных грузов, если упаковка соответствующим образом не модифицирована.

В отношении способа h) (в описании выше) при рециклинге бочек необходимо учитывать загрязнение бочек содержимым. Бочки, не пригодные для непосредственного рециклинга, обычно направляются на соответствующую переработку, например, сжигание. Например, полиэтиленовые бочки полностью сжигаются, стальные бочки очищаются от шлака и затем подвергаются рециклингу. Полигонное депонирование загрязненных бочек обычно исключается.

#### Экономика

С точки зрения капитальных и эксплуатационных затрат, очистка осадка является важным компонентом, и управление и размещение твердых отходов будет оставаться одной из основополагающих проблем, с которыми сталкиваются операторы.

#### Ограничения в применении

Предотвращение и минимизация образования отходов, а также снижение их опасности является основным принципом IPPC и иерархии отходов.

Типы отходов, образующихся на каждом участке, являются во многих странах частью процесса получения разрешения. В разрешении может также иметься описание того, как хранить такие отходы и как часто проводить их анализ.

Повторное использование ограничено в случаях, когда бочки еще соответствуют цели, в соответствии с правилами, регулирующими международные автотранспортные перевозки опасных грузов, и когда их можно легко очистить. Все другие бочки должны предварительно готовиться перед повторным использованием их в качестве скрапа.

#### Примеры установок

В Германии использование бочек снижается в максимальной степени.

Справочная литература

### **3.8.2 Способы предотвращения загрязнения почвы**

#### Описание

Эти способы относятся к проливам и другим неорганизованным выбросам, о чем уже шла речь в Разделе 4.1.3.6, и к снятию с эксплуатации, о чем шла речь в Разделе 4.1.9. Некоторые конкретные способы включают в себя:

а) принятие мер и обеспечение чистоты в зонах технологической обработки, включая применение мер для предотвращения или быстрой очистки при

утечках и проливах и обеспечение обслуживания дренажных систем и других подземных конструкций

б) использование непроницаемого основания и внутреннего дренажа на участке

с) применение отдельных дренажных систем и колодцев для возможности изоляции отдельных территорий участка, где происходит обращение с отходами и их выгрузка, для того, чтобы ограничить возможные проливы и защитить поверхностные воды от попадания загрязняющих веществ. Это может помочь в снижении жидких выбросов

д) минимизация участка под установки и минимизация использования подземных емкостей и трубопроводов

е) проведение регулярного мониторинга подземных емкостей в отношении потенциальных утечек (например, проверки уровня в емкостях в течение периодов простоя)

ф) проектирование территорий, на которых перемещаются опасные для воды жидкости, с установкой водонепроницаемой обваловки. Обваловка должна быть водонепроницаемой в такой степени, чтобы даже в случае аварии опасная жидкость могла удерживаться до тех пор, пока не будут приняты меры безопасности

г) обеспечение территорий, на которых приходится иметь дело с веществами, опасными для воды, а также обвалованных территорий соответствующей защитой от утечек, например, с помощью окрашивания, покрытий, качества бетона, систем уплотнений, применяемых изнутри. Должна быть возможность инспектирования уплотняющих систем в любое время

h) оснащение контейнеров, используемых для хранения/накапливания материалов, опасных для воды, двойными стенками или установка их в обвалованных резервуарах. Необходимо, чтобы их емкость определялась таким образом, чтобы общий объем самого большого контейнера мог вместить 10% от объема всех контейнеров в каждом случае

і) оснащение контейнеров, используемых для хранения/накапливания материалов, опасных для воды, контролем перелива, соединенным с помощью реле сигнализации с панелью управления, а также с оптической и акустической сигнализацией. Насосы, используемые для наполнения контейнеров, а также соответствующие устройства отключения (например, шиберные затворы) должны быть соединены с контролем перелива.

Достижимый положительный эффект

Возможно предотвращение кратко- и долговременного загрязнения почвы. Минимизация подземных емкостей и трубопроводов облегчает задачи обслуживания, а также проведения обследований.

Воздействия на окружающую среду

В некоторых случаях должны быть идентифицированы такие проблемы как трещины, блокирование стоков на дренажах, наличие гравия в дренажных каналах между бетонными плитами.

### Применимость

На большинстве участков имеется непроницаемое основание и внутренний дренаж на участке (например, полностью бетонное основание).

### Ограничения в применении

ИРРС требует, чтобы при проведении промышленной деятельности не было риска загрязнений на участке. Некоторые директивы ЕС и национальное законодательство также применяются для предотвращения загрязнения почвы.

### Примеры установок

Почти все станции перегрузки опасных отходов имеют безопасное основание, которое прокладывается с уклоном в сторону одного или более резервуаров для сбора дождевой воды и проливов жидкостей/твердых веществ или отводных коллекторов.

Установки для физико-химической переработки обычно оснащаются системами герметизации для предотвращения проливов, которые могут привести к загрязнению подземных вод или подстилающего слоя грунта. Исключительное значение для всех технических мер защиты от выбросов имеет выбор строительных материалов, которые должны обладать высокой стойкостью, например, к кислотам, щелочам, органическим растворителям (в зависимости от применения).

296

### **3.8.3 Способы снижения накапливания остатков в установке**

#### Описание

Некоторые способы включают в себя:

- а) проведение четкого различия между оборотом отходов, техническим персоналом и его ролью и ответственностью.
- б) предотвращение накапливания отходов, что, в свою очередь, может привести к порче или разрушению контейнера
- с) проведение регистрации мониторинга отходов на участке с помощью использования информации о количестве принятых и переработанных отходов на участке
- д) проведение ежемесячного учета всех отходов на участке для мониторинга уровней запасов и для идентификации любых старых отходов на участке
- е) обеспечение того, чтобы при любом накапливании жидкостей в обваловке, колодцах и т.д. немедленно принимались меры.

#### Достижимый положительный эффект

На некоторых установках, предоставивших отчеты, неспособность обеспечить адекватную пропускную способность по отходам, привела к образованию большого количества хранящихся отходов, бочек и контейнеров. Эти отходы обычно не проверяются, а бочки часто просто остаются изношенными. Такие ситуации часто бывают связаны с крупномасштабной очисткой участка и могут сопровождаться конкурирующим давлением и настойчи-

выми просьбами заказчиков принимать дополнительные потоки отходов. Обычно в таких случаях с отходами трудно управляться и (или) обращаться, и они могут передаваться между различными операторами, с последующей потерей информации о первоначальном производителе и составе.

Продолжительное накапливание может также нарушить нормы, относящиеся к регистрации, что, в свою очередь, может привести к потере идентичности отходов, еще больше усугубляя ситуацию с хранением.

#### Ограничение для реализации

Обычно при работе по выданным разрешениям определяется количество различных видов отходов, которые разрешено хранить. Обычно операторы обладают ограниченными возможностями в своем разрешении, им может быть предоставлена отсрочка для определения времени между приемом отходов и их переработкой.

### ***3.8.4 Содействие внешнему обмену остатками***

#### Описание

В то время как повторное использование остатков на производственном объекте является наиболее желательной формой рециклинга, не всегда возможно найти другое подразделение или процесс, когда можно эффективно использовать остатки. Поэтому альтернативой может стать направление их другой компании, которая может использовать остатки. Биржа отходов представляет собой региональный координационный центр для таких хозяйственных операций. На биржах отходов поддерживается компьютерная база данных и (или) периодически публикуются перечни имеющихся отходов или материалов, необходимых для различных отраслей промышленности. Информация на бирже отходов обычно включает:

- a) код ID компании (идентифицирующий код)
- b) категорию (например, кислота, растворитель и т.д.)
- c) описание основных полезных составляющих
- d) загрязняющие вещества
- e) физическое состояние
- f) количество
- g) географическую местность
- h) упаковку.

Достижимый положительный эффект

Облегчается более приемлемое использование или размещение отходов.



МИНИСТЕРСТВО ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ЭКОЛОГИИ РОССИИ

**СПРАВОЧНИК  
НАИЛУЧШИХ ДОСТУПНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ  
ПО ОБРАЩЕНИЮ С ОТХОДАМИ**

Некоммерческое партнерство  
«ЦЕНТР ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СЕРТИФИКАЦИИ –  
ЗЕЛЕННЫЕ СТАНДАРТЫ»

Москва, 2011



## Содержание

<b>4. Наилучшие доступные технологии для сжигания.....</b>	<b>7</b>
4.1 Технологии, рассматриваемые при определении НТД.....	7
4.1.1 Общая практика, применяемая перед термическим обезвреживанием.....	9
4.1.1.1 Пригодность технологической схемы для принимаемых отходов.....	9
4.1.1.2 Общие принципы эксплуатации.....	10
4.1.1.3 Контроль качества поступающих отходов.....	10
4.1.1.3.1 Установление входных ограничений и идентификация ключевых рисков.....	10
4.1.1.3.2 Связь с поставщиками отходов для улучшения контроля качества поступающих отходов.....	12
4.1.1.3.3 Контроль качества загружаемых отходов на участке установки для сжигания отходов.....	13
4.1.1.3.4 Проверка, отбор проб и испытания поступающих отходов.....	14
4.1.2 Термическая переработка.....	17
4.1.2.1 Выбор технологии сжигания.....	17
4.1.2.2 Использование моделирования потоков.....	18
4.1.2.3 Характеристики конструкции камеры горения.....	23
4.1.2.4 Конструирование для повышения турбулентности в камере вторичного сгорания.....	24
4.1.2.5 Использование непрерывной работы вместо периодического процесса.....	25
4.1.2.6 Выбор и использование подходящих систем контроля и параметров горения.....	26
4.1.2.7 Использование инфракрасных камер для мониторинга и контроля горения.....	28
4.1.2.8 Оптимизация стехиометрии подаваемого воздуха.....	30
4.1.2.9 Оптимизация и распределение подачи первичного воздуха.....	31
4.1.2.10 Подогрев первичного и вторичного воздуха.....	32
4.1.2.11 Инжекция вторичного воздуха, оптимизация и распределение.....	32
4.1.2.12 Замена части вторичного воздуха рециркуляцией дымовых газов.....	33
4.1.2.13 Применение воздуха, обогащенного кислородом.....	34
4.1.2.14 Охлаждение колосниковых решеток.....	37
4.1.2.15 Водоохлаждаемые вращающиеся печи.....	38
4.1.2.16 Сжигание при повышенной температуре (с выпуском шлака).....	39
4.1.2.17 Повышение перемешивания и времени пребывания отходов в печи.....	41
4.1.2.18 Регулирование производительности для поддержания хорошего сгорания и условий сжигания.....	43
4.1.2.19 Оптимизация времени, температуры, турбулентности газов в зоне сжигания и концентрации кислорода.....	43
4.1.2.20 Использование автоматических работающих вспомогательных горелок.....	48
4.1.2.21 Уменьшение количества отсева на колосниковой решетке и (или) возврат охлажденного отсева в камеру сгорания.....	49
4.1.2.22 Защита мембранной сетки котла-утилизатора и радиационной секции огнеупорными материалами.....	50

4.1.2.23	Использование низких скоростей газа в котле-утилизаторе и включение радиационной секции перед конвективной секцией котла-утилизатора	52
4.1.2.24	Определение теплоты сгорания отходов и использование ее в качестве параметра регулирования горения	53
4.1.2.25	Горелки с низкими выбросами NOx для жидких отходов	53
4.1.2.26	Газификация в кипящем слое	54
4.1.2.27	Высокотемпературное сжигание синтез-газа после газификации с плавкой золы	57
4.1.3	Утилизация энергии	60
4.1.3.1	Оптимизация общей энергоэффективности и утилизации энергии	60
4.1.3.2	Снижение потерь энергии: потери с дымовыми газами	70
4.1.3.3	Повышение степени сжигания отходов	71
4.1.3.4	Снижение объемов избыточного воздуха	72
4.1.3.5	Меры по снижению других потерь энергии	72
4.1.3.6	Снижение общего потребления энергии в процессе	73
4.1.3.7	Выбор турбины	76
4.1.3.8	Повышенные параметры пара и применение специальных материалов для снижения коррозии в котлах-утилизаторах	78
4.1.3.9	Снижение давления в конденсаторе (т.е. повышение вакуума)	81
4.1.3.10	Выбор системы охлаждения	83
4.1.3.11	Оптимизация конструкции котла-утилизатора	84
4.1.3.12	Использование вертикально-водотрубного котла с полностью экранированной топкой и развитой конвективной испарительной поверхностью нагрева	85
4.1.3.13	Использование водяного экрана в радиационной секции	86
4.1.3.14	Использование пароперегревателя пластинчатого типа	86
4.1.3.15	Снижение температуры дымовых газов после котла-утилизатора	87
4.1.3.16	Использование скрубберов с конденсацией дымовых газов	89
4.1.3.17	Использование тепловых насосов для повышения утилизации тепла	91
4.1.3.18	Специальные конфигурации водо-парового цикла с внешними энергоблоками	92
4.1.3.19	Эффективная очистка конвективных пучков	95
4.1.4	Очистка газов	96
4.1.4.1	Факторы, учитываемые при выборе систем очистки дымовых газов	96
4.1.4.1.1	Общие факторы	96
4.1.4.1.2	Оптимизация энергии	97
4.1.4.1.3	Общая оптимизация и подход "всей системы"	97
4.1.4.1.4	Выбор технологии для существующих или новых установок	98
4.1.4.2	Снижение выбросов пыли	98
4.1.4.2.1	Применение стадии предварительного обеспыливания перед другими видами очистки дымовых газов	98
4.1.4.2.2	Применение дополнительной системы доочистки дымовых газов	103
4.1.4.2.3	Применение двойного фильтрования	106

4.1.4.2.4	Выбор материалов рукавных фильтров.....	108
4.1.4.3	Снижение выбросов кислых газов.....	110
4.1.4.3.1	Системы мокрой очистки газов.....	110
4.1.4.3.2	Системы полусухой очистки.....	114
4.1.4.4.3	Промежуточные системы с добавкой некоторого количества воды и рециркуляцией остатков (системы быстрой очистки) .....	118
4.1.4.3.4	Системы сухой очистки дымовых газов.....	121
4.1.4.3.5	Выбор щелочного реагента .....	124
4.1.4.3.6	Добавка мокрой газоочистки в качестве системы доочистки дымовых газов после других процессов очистки.....	127
4.1.4.3.7	Рециркуляция остатков очистки дымовых газов в систему очистки .....	127
4.1.4.3.8	Прямая добавка щелочных реагентов к отходам (прямая десульфурация).....	129
4.1.4.3.9	Использование мониторинга кислых газов для оптимизации процесса очистки дымовых газов .....	130
4.1.4.4	Снижение выбросов оксидов азота .....	132
4.1.4.4.1	Селективное каталитическое восстановление (СКВ).....	132
4.1.4.4.2	Селективное некаталитическое восстановление (СНКВ) .....	139
4.1.4.4.3	Оптимизация выбора реагентов для восстановления NOx СНКВ.....	144
4.1.4.4.4	Замена вторичного воздуха рециркуляцией дымовых газов .....	145
4.1.4.5	Снижение выбросов PCDD/F .....	145
4.1.4.5.1	Первичные способы предотвращения образования PCDD/F .....	145
4.4.1	Принятая практика, применявшаяся до стадии термической обработки.....	146
4.4.2	Термическая переработка.....	146
4.4.3	Утилизация энергии.....	146
4.1.4.5.2	Предотвращение вторичного образования PCDD/F в системе газоочистки.....	146
4.1.4.5.3	Деструкция PCDD/F с использованием селективного каталитического восстановления (СКВ).....	148
4.1.4.5.4	Деструкция PCDD/F с использованием каталитических рукавных фильтров.....	150
4.1.4.5.5	Деструкция PCDD/F с помощью повторного обжига абсорбентов .....	152
4.1.4.5.6	Адсорбция PCDD/F с помощью инъекции активированного угля или других реагентов.....	153
4.1.4.5.7	Адсорбция PCDD/F в неподвижном слое .....	154
4.1.4.5.8	Использование материалов, пропитанных углеродом, для адсорбции PCDD/F в мокрой газоочистке.....	156
4.1.4.5.9	Использование угольной суспензии в мокрой газоочистке.....	157
4.1.4.6	Снижение выбросов ртути .....	159
4.1.4.6.1	Мокрая газоочистка с низкой рН и добавка аддитивов.....	159
4.1.4.6.2	Впрыск активированного угля для адсорбции ртути.....	160
4.1.4.6.3	Использование скрубберов с конденсацией для доочистки дымовых газов.....	162
4.1.4.6.4	Отделение ртути с использованием смоляного фильтра .....	164
4.1.4.6.5	Инъекция хлорита для контроля элементарной ртути.....	164
4.1.4.6.6	Добавка перекиси водорода для мокрой газоочистки.....	165

4.1.4.6.7	Использование фильтров из активированного угля или кокса .....	165
4.1.4.7	Другие способы и вещества.....	166
4.1.4.7.1	Использование специальных реагентов для снижения выбросов йода и брома .....	166
4.1.5	Способы обработки твердых остатков.....	167
4.1.5.1	Улучшение дожигания шлака.....	168
4.1.5.2	Отделение шлака от остатков очистки дымовых газов.....	170
4.1.5.3	Отделение стадии отделения пыли от других стадий очистки дымовых газов.....	171
4.1.5.4	Сепарация металлов из шлака .....	172
4.1.5.5	Грохочение и дробление шлака.....	173
4.1.5.6	Обработка шлака с использованием старения .....	175
4.1.5.7	Обработка шлака с использованием систем сухого очистки .....	177
4.1.5.8	Обработка шлака с использованием систем мокрой очистки .....	179
4.1.5.9	Обработка шлака с помощью термических систем.....	181
4.1.5.10	Высокотемпературная вращающаяся печь (выпуск шлака).....	183
4.1.5.11	Переработка остатков системы очистки дымовых газов.....	183
4.1.5.11.1	Цементирование остатков от очистки дымовых газов.....	183
4.1.5.11.2	Остекловывание и плавление остатков от очистки дымовых газов.....	186
4.1.5.11.3	Экстрагирование кислотой котельной и летучей золы .....	189
4.1.5.11.4	Обработка остатков от очистки дымовых газов, появляющихся в процессе очистки сухим бикарбонатом натрия, для использования в производстве кальцинированной соды .....	190
4.1.5.11.5	Обработка остатков от очистки дымовых газов, появляющихся в процессе очистки сухим бикарбонатом натрия, с использованием гидравлических вяжущих .....	192
4.2.	Выводы по наилучшим доступным технологиям .....	193
4.2.1	Типичные НТД для сжигания всех отходов .....	198
4.2.2	Специальные НДТ для сжигания ТБО.....	219
4.2.3	Специальные НДТ для предварительной обработки или сжигания некоторых видов ТБО .....	220
4.2.4	Специальные НДТ для сжигания опасных отходов.....	221
4.2.5	Специальные НДТ для сжигания осадков сточных вод .....	223
4.2.6	Специальные НДТ для сжигания медицинских отходов .....	223

# 4 Наилучшие доступные технологии для сжигания

## 4.1 Технологии, рассматриваемые при определении НДТ

В этой главе представлены технологии, которые обычно рассматриваются как имеющие потенциал для достижения высокого уровня защиты окружающей среды в отрасли, в области действия документа. Включены системы управления, технологии, интегрированные в процесс и действия на конце трубы. Рассмотрены процедуры предотвращения, контроля, проектирования, управления и рециклинга, а также повторного использования материалов и энергии.

Технологии могут быть представлены отдельно или в сочетании для достижения целей Директивы совета 96/61 ЕС от 24 сентября 1996 г. В Приложении IV к этой Директиве перечислен ряд общих соображений, которые необходимо учитывать при определении НДТ, и технологии в этой главе будут относиться к одному или более из этих соображений. Насколько возможно, использована стандартная структура для описания каждой технологии, для возможности сравнения технологий и оценки цели по отношению к определению НДТ, приведенному в Директиве.

Поскольку невозможно дать исчерпывающие сведения и вследствие динамической природы отрасли, преходящего характера документа, возможно, что могут быть дополнительные технологии, которые не были описаны, но которые можно рассматривать как НДТ. Имеется вероятность, что существуют технологии, которые соответствуют или превышают критерии НДТ, установленные здесь и в Главе 4.2, применяемые на местном уровне, и, таким образом, обеспечивающие особые преимущества в ситуации, в которой они используются.

Организация Главы 4.2. В этой главе имеется приблизительная группировка технологий в том порядке, в котором они должны появляться в большинстве установок для сжигания отходов. Таким образом, проливается свет на определенные технологии, которые можно применять на каждой стадии процесса сжигания, и они могут привести к улучшению экологических показателей или другим выгодам, которые являются важными для определения НДТ.

В табл. 4.1.1 приведены заголовки разделов и указана группировка, по которой можно подразделять технологии для целей настоящего Справочного документа НДТ.

Таблица 4.1.1 ОРГАНИЗАЦИОННАЯ СХЕМА ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ

Номера разделов Главы 4.1	Заголовок раздела
4.1.1	Общая практика, применяемая перед термическим обезвреживанием
4.1.2	Термическое обезвреживание
4.1.3	Утилизация энергии
4.1.4	Очистка дымовых газов
4.1.5	Технологии переработки твердых остатков

Описание каждой технологии включает в себя важную информацию, предоставленную Тематической рабочей группой, об уровнях потребления и выбросах, считающихся достижимыми с помощью использования технологий и информации о степени применимости технологии для ряда установок, требующих разрешения Директивы совета 96/61 ЕС от 24 сентября 1996 г., например, новых, существующих, крупных или небольших установок, и для различных типов отходов.

Насколько возможно, использована стандартная структура для описания каждой технологии, как показано в следующей таблице, для возможности сравнений технологий и для цели оценки в отношении определения НДТ, приведенного в Директиве. Само определение НДТ не охвачено здесь, но это сделано в Главе 4.2. В табл. 4.1.2 приведена структура информации, которая включена, где возможно, для каждой технологии в главе 4.1.

**Таблица 4.1.2 РАЗБИВКА ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ КАЖДОЙ ТЕХНОЛОГИИ**

Тип рассматриваемой информации	Тип включенной информации
Описание	Техническое описание технологии
Достижимые выгоды для окружающей среды	Должны быть рассмотрены основные воздействия на окружающую среду от технологии (процесса или снижения загрязнения), включая достижимые значения выбросов и производительность (см. также Директивы совета 96/61 ЕС от 24 сентября 1996 г., приложение IV). Экологические выгоды технологии по сравнению с другими
Воздействия между средами	Любые побочные эффекты и недостатки, вызванные реализацией технологии. Подробности экологических проблем технологии по сравнению с другими
Эксплуатационные данные	Рабочие показатели по выбросам/отходам и потреблению (сырье, добавки, вода и энергия). Любая другая полезная информация о том, как работает, обслуживается и регулируется технология, включая аспекты безопасности, ограничения работоспособности технологии, качество продукции и т.д.
Применимость	Рассмотрение факторов, связанных с применением и модернизацией технологии (например, наличие специализированных площадей)
Экономика	Информация о затратах (инвестиции и эксплуатация) и любой возможной экономии (например, снижение потребления сырья, плата за размещение отходов)
Движущая сила внедрения	Причины внедрения технологии (например, другое законодательство, повышение качества продукции)
Примеры установок	Ссылка на сообщение об установке, где используется технология

При возможности в этой главе приведена информация о реальной деятельности, которая имеет место, или которая может быть выполнена в этом секторе, включая реальные сопутствующие издержки. При возможности представленная информация также дает ситуацию, в которой технология может быть эффективно использована.

#### **4.1.1 Общая практика, применяемая перед термическим обезвреживанием**

##### **4.1.1.1 Пригодность технологической схемы для принимаемых отходов**

Одно из важнейших решений, принимаемых оператором установки для сжигания отходов, относится к выбору стадии сжигания (или термического обезвреживания), которая технически пригодна для материала, который должен поступать в технологический процесс. Как только была выбрана конструкция, эксплуатационная цель становится одной из задач управления поступающими отходами с тем, чтобы их свойства оставались в диапазоне, для которого спроектирован процесс (см. технологии, описанные в 4.1.1.3).

В общем, существующие технологии были разработаны, для того чтобы выполнить конкретные требования по обезвреживанию определенных потоков отходов. Применение технологии, разработанной для различных отходов, с возможно несоответствующими характеристиками, может привести к плохим или ненадежным показателям. Некоторые установки спроектированы для “массового сжигания” (т.е. для обезвреживания отходов различного состава), другие только для приема селективных потоков отходов, с узкими техническими характеристиками. Требуемая конструкция зависит от отходов, которые должны приниматься для обезвреживания в мусоросжигательной установке. Существенные эксплуатационные, экологические последствия и последствия для безопасности могут стать результатом попытки обезвреживания неправильных отходов в неправильной конструкции установки.

В дополнение к целевым показателям (например, обезвреживание отходов, выход энергии, уровни выбросов), выбор технологии термического обезвреживания обычно требует учета следующих технических критериев:

- химический состав отходов и их вариация
- физический состав отходов, например, размер частиц и их вариация
- термические характеристики отходов, например, теплота сгорания, уровни влажности
- производительность и требуемая доступность процесса
- требуемое качество и состав шлака и других остатков
- возможности использования продуктов частичного окисления, таких как синтез-газ или кокс
- целевые уровни выбросов и выбранная система снижения выброса загрязнений
- тип утилизации энергии (например, тепловая, электрическая энергия, комбинированное производство тепловой и электрической энергии).

В дополнение к этим техническим критериям, следующее также может влиять на конечный выбор конструкции:

- степень технического риска
- эксплуатационный опыт и имеющаяся квалификация
- бюджет.

Установки, которые предназначены для обезвреживания узкого диапазона

определенных отходов (или подвергнутых высокому уровню предварительной обработки и, следовательно, более однородных отходов), работают в более узком диапазоне предельных характеристик, чем те установки, которые принимают отходы с более переменными характеристиками. Гомогенные отходы могут дать возможность повысить стабильность процесса, с более равномерным и предсказуемым составом дымовых газов. Когда качество отходов можно хорошо контролировать, производительность системы очистки дымовых газов может быть снижена в некоторой степени без повышения риска концентраций неочищенного газа, превышающих производительность газоочистки.

На практике многие устройства для сжигания отходов могут иметь только ограниченный контроль в отношении точного содержания отходов, которые они принимают. Операторы, принимающие такие отходы, таким образом, должны планировать свои процессы достаточно гибко для соответствия диапазону поступающих для процесса отходов.

#### **4.1.1.2 Общие принципы эксплуатации**

Общая аккуратность и чистота содействуют улучшению производственных условий и может позволить заранее идентифицировать потенциальные эксплуатационные проблемы.

Основным элементами надлежащей эксплуатации являются:

- использование систем для идентификации и размещения/хранения отходов, принимаемых в соответствии с их рисками
- предотвращение выбросов пыли от работающего оборудования
- эффективное управление сточными водами
- эффективное превентивное обслуживание.

#### **4.1.1.3 Контроль качества поступающих отходов**

##### **4.1.1.3.1 Установление входных ограничений и идентификация ключевых рисков**

Каждая установка имеет ограничения на характеристики отходов, которые можно подавать в саму установку для сжигания. На основе информации об ограничениях поступления отходов для процесса сжигания имеется возможность получения технических характеристик поступающих отходов, которые демонстрируют максимальный и желательный прием отходов в систему. Тогда появляется возможность идентифицировать ключевые риски и процедурный контроль, требующийся для предотвращения или снижения возможности работы за пределами этих ограничений.

Факторы, которые устанавливают такие границы, включают в себя:

- конструкция механизма загрузки отходов и физическое соответствие принимаемых отходов
- расход отходов и тепловая производительность печи
- предельные значения выбросов, которые требуется достичь (т.е. требующийся % снижения загрязняющих веществ)

- производительность технологии очистки дымовых газов для индивидуального загрязняющего вещества (например, предел по расходу дымовых газов, нагрузке по загрязняющим веществам и т.д.)

Примерами идентифицированных ключевых рисков могут быть:

- высокий уровень поступающего количества ртути, приводящий к высоким концентрациям в неочищенном дымовом газе
- высокий уровень поступающего количества йода и брома, приводящий к высоким концентрациям в неочищенном дымовом газе
- высокая вариабельность влагосодержания или теплоты сгорания, приводящая к неравномерности горения
- высокая нагрузка по хлору, превышающая производительность газоочистки
- высокая нагрузка по сере, превышающая производительность газоочистки
- быстрые изменения в химии дымовых газов, которые воздействуют на функцию газоочистку
- физически крупные объекты, блокирующие систему загрузки, приводящие к временному прекращению нормальной работы
- избыточное шлакование/нагар компонентов котла-утилизатора при подаче некоторых типов отходов, например, источники с высоким содержанием цинка (загрязненные древесные отходы), как сообщалось, вызывали аномальное шлакование первой секции котла-утилизатора.

Как только установлены теоретические и реальные (т.е. происходящие на действующей установке) риски, оператор может разработать стратегию целевого контроля для снижения этих рисков, например, если опыт оператора показывает, что на установке может произойти превышение значений выбросов HCl, то он может принять решение попытаться контролировать источники и пиковые концентрации хлора в отходах, поступающих на стадию сжигания, с использованием эксплуатационных характеристик системы очистки от кислых газов.

Использование этой технологии помогает обеспечить плавную и устойчивую эксплуатацию установки для сжигания и снизить потребность в реагировании и вмешательстве в аварийную ситуацию.

Выполнение процедур входных ограничений приводит к устранению отходов, которые выходят за пределы установленных технических условий. Эти отходы затем отводятся из процесса сжигания на другие варианты обращения с отходами. Тип и величина воздействий между средами в результате этого, поэтому, будут зависеть от типа и показателей альтернативного варианта обращения с отходами.

Применимо ко всем установкам для сжигания отходов, в особенности для тех, которые принимают отходы от различных источников и широкого диапазона или трудных для контроля технических условий (например, установки для опасных отходов).

Существующие установки должны иметь преимущество в отношении опыта и знания предыдущих ситуаций, встречающихся в течение эксплуатационного срока службы установки. Операторы новых установок могут научиться их

эксплуатационного опыта подобных существующих установок, а затем адаптировать его и разработать собственные процедуры в соответствии с конкретным эксплуатационным опытом.

Установки с масштабными объектами для хранения и предварительной обработки могут принимать отходы, которые изначально не отвечали нормальным условиям работы камеры сгорания, и затем обезвреживать их с соблюдением требований камеры сгорания.

В то время как установки для сжигания опасных отходов построены таким образом, что смогут принимать любые виды опасных отходов, это не относится ко многим другим установкам, включая установки для сжигания ТБО. Однако некоторые типы отходов, которые сходны по природе с ТБО, обезвреживаются в некоторых установках для сжигания ТБО, например, некоторые виды медицинских отходов и осадки сточных вод. Такие установки обычно должны включать поставку адекватных систем приема, хранения и обращения. Если отходы значительно различаются, тогда может также потребоваться крупномасштабная адаптация, например, к типу печи, системе газоочистки, системе очистки сточных вод, специальным мерам безопасности и лабораторному/испытательному оборудованию.

Точной количественной оценки затрат нет. Исключение некоторых источников/типов отходов может снижать доход. Кроме того, потребуются специальные инвестиции для внедрения способов для идентификации и управления такими отходами, например, анализа, предварительной обработки.

Требуются хорошие знания ограничений процесса, для того чтобы оценить и выбрать процедуры для контроля поступающих отходов, и, следовательно, общих показателей процесса.

Широко используемая практика на установках для сжигания опасных отходов.

Технология также применяется на многих европейских мусоросжигательных заводах для идентификации и возможного исключения нежелательных типов отходов.

#### ***4.1.1.3.2 Связь с поставщиками отходов для улучшения контроля качества поступающих отходов***

Отходы обычно принимаются из широкого разнообразия источников, над которым оператор может иметь только ограниченный контроль. Когда оператор идентифицировал определенные отходы, вещества или свойства отходов, или индивидуальные источники, которые могут быть источником или вызывают эксплуатационные проблемы, связь этого оператора с теми лицами, у которых образуются или которые поставляют отходы, может помочь в общей цепи обращения с отходами. Примером является отдельный сбор отходов, содержащих ртуть, таких как батарейки или амальгаму для зубной пломбы, для того чтобы можно было уменьшить содержание ртути в потоке ТБО.

Тип используемых технологий и степень их использования зависит от степени риска и частоты и природы любых встречающихся эксплуатационных труд-

ностей. В общем, чем больше различаются типы отходов, их состав и источники, тем больше требуется усилий для контроля поступающих отходов.

Предотвращение приема несоответствующих отходов или контроль поставки отходов, которые трудно обезвреживать, или которые требуют специального внимания, может снизить эксплуатационные трудности, и, следовательно, избежать дополнительных выбросов.

Для некоторых отходов может потребоваться изъятие их из потока, направляемого на сжигание, и направление на другие варианты обращения с отходами.

Эта технология может применяться ко всем установкам для сжигания отходов, но больше всего используется в случае отходов, принимаемых из различных источников и трудных для контроля технических условий (например, установки для сжигания опасных отходов).

Для процессов, которые предназначены для приема узкого диапазона хорошо определенных отходов, может потребоваться особое внимание для обеспечения контроля ключевых веществ.

Существующие установки должны обладать преимуществами в смысле получения уроков из реальных встречающихся ситуаций.

Экономия может быть достигнута благодаря предотвращению эксплуатационных трудностей.

Процедуры для контроля поступающих отходов могут снизить риски эксплуатационных сбоев и соответствующих выбросов.

Широко используемая практика на установках для сжигания опасных отходов, в частности.

SELCHP (Юго-восточный Лондон, Соединенное Королевство) – мусоросжигательный завод, на котором идентифицированы источники гипса, который нарушал эксплуатацию.

Кан (Франция) – проведена успешная информационная кампания для снижения содержания ртути в ТБО.

#### **4.1.1.3.3 Контроль качества загружаемых отходов на участке установки для сжигания отходов**

Для оказания помощи в контроле качества загружаемых отходов, и, следовательно, процесса сжигания с проектными параметрами, набор требований качества можно получить для отходов, подаваемых в камеру сжигания. Требования к качеству отхода могут быть получены из понимания эксплуатационных ограничений процесса, таких как:

- термическая производительность установки для сжигания
- физические требования к загрузке (размер частиц)
- контроль, используемый для процесса сжигания (например, использование низшей теплоты сгорания, производства пара, содержания  $O_2$  и т.д.)
- производительность системы очистки дымовых газов и полученные максимальные концентрации неочищенного газа
- предельные значения выбросов, которые необходимо соблюдать

- требования качества шлака.

Отходы можно хранить, смешивать или дозировать (это ограничено национальным законодательством некоторых стран) для обеспечения того, чтобы конечные отходы, которые попадают в камеру сгорания, соответствовали установленным требованиям качества.

Ключевые вещества/свойства, для которых обычно требуются специальные процедуры, выполняемые для управления ими, относящиеся к вариациям в концентрации и распределении в отходах, следующие:

- ртуть, щелочные металлы и тяжелые металлы
- йод и бром
- хлор и сера
- изменения в теплоте сгорания /влагосодержании
- важнейшие органические загрязнители, например, PCBs
- физическая однородность отходов, например, осадки сточных вод
- смешиваемость различных видов отходов.

Результаты CEN/TC 292<sup>1</sup> и CEN/TC 343<sup>2</sup> могут быть важными для проведения отбора проб этих веществ в отходах.

Снижение выбросов в дымовых газах с помощью:

- бесперебойного технологического процесса
- эффективного сжигания
- увеличения утилизации энергии
- более равномерных концентраций неочищенного газа и, следовательно, улучшение работы установки для очистки дымовых газов
- снижения обрастания в котле-утилизаторе за счет снижения выбросов пыли.

#### **4.1.1.3.4 Проверка, отбор проб и испытания поступающих отходов**

Эта технология связана с использованием подходящего режима для оценки поступающих отходов. Оценка проводится для обеспечения:

- того, чтобы принимаемые отходы находились в диапазоне, подходящем для установки
- того, чтобы отходы подвергались специальному обращению/хранению/обработке/удалению для передачи на сторону
- того, чтобы отходы соответствовали тому, что описал поставщик (по контрактным, эксплуатационным или правовым основаниям).
- Принятые технологии изменяются от простой визуальной оценки до полного химического анализа. Применяемые процедуры будут зависеть от:
  - природы и состава отходов
  - гетерогенности отходов
  - известных трудностей с отходами (определенного типа или из определенного источника)

<sup>1</sup> Европейский комитет стандартизации (определение характеристик отходов).

<sup>2</sup> Европейский комитет стандартизации (твердые восстановленные топлива).

- особой чувствительности рассматриваемой установки (например, известно, что некоторые вещества вызывают эксплуатационные трудности)
  - того, известно или неизвестно происхождение отходов
  - наличия или отсутствия контролируемого качества технических характеристик отходов
  - того, был ли прежний опыт обращения с этими отходами.
- Примеры процедур приведены ниже в таблице 4.1.3.

**Таблица 4.1.3 ТЕХНОЛОГИИ ПРОВЕРКИ И ОТБОРА ПРОБ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ОТХОДОВ**

Тип отходов	Пример применяемых технологий	Комментарии
Смешанные ТБО	<ul style="list-style-type: none"> <li>• визуальная проверка в бункере</li> <li>• выборочная проверка индивидуальных поставок путем раздельной разгрузки</li> <li>• взвешивание поставляемых отходов</li> <li>• радиоактивный контроль</li> </ul>	Промышленные и коммерческие грузы могут вызывать повышенные риски и требуют большего внимания
Предварительно обработанные ТБО	<ul style="list-style-type: none"> <li>• визуальная проверка</li> <li>• периодический отбор проб и проведение анализа для определения ключевых свойств/веществ</li> </ul>	
Опасные отходы	<ul style="list-style-type: none"> <li>• визуальная проверка</li> <li>• контроль и сравнение данных в списке декларации с поставленными отходами</li> <li>• отбор проб/анализ всех транспортных средств для перевозки насыпных грузов</li> <li>• выборочная проверка затаренных в бочках грузов</li> <li>• распаковка и проверка упакованных грузов</li> <li>• оценка параметров сжигания</li> <li>• проверка на смешение жидких отходов перед хранением</li> <li>• контроль точки воспламенения для отходов в бункере</li> <li>• проверка поступающих отходов на элементный состав, например, с помощью EDXFR<sup>3</sup></li> </ul>	Масштабные и эффективные процедуры особенно важны для этого сектора. Установки, принимающие моно потоки, в состоянии работать по упрощенным процедурам
Осадки сточных вод	<ul style="list-style-type: none"> <li>• периодический отбор проб и проведение анализа для определения ключевых свойств и веществ</li> <li>• проверка наличия твердых материалов, например камней/металлов, пластмасс перед стадиями перекачки, обезвоживания и сушки</li> <li>• контроль процесса для адаптации к изменениям осадков</li> </ul>	Пригодность технологии зависит от вида осадков сточных вод, например, свежего осадка, сброженного осадка, окисленного осадка и т.д.
Медицинские отходы	<ul style="list-style-type: none"> <li>• контроль и сравнение данных в списке декларации с поставляемыми отходами</li> <li>• проверка на радиоактивность</li> </ul>	Риск инспекции делает отбор проб нецелесообразным. Требуется контроль образователем отходов
Субпродукты животного происхождения	<ul style="list-style-type: none"> <li>• контроль и сравнение данных в списке декларации с поставляемыми отходами</li> <li>• отбор проб/проверка материалов с низким риском на содержание жира, влажности</li> </ul>	Отбор проб нецелесообразен для материалов с высоким риском по причинам безопасности

Режим широкомасштабного отбора проб и проведения анализов является целесообразным, когда состав отходов и их источники очень различаются (например, установки для сжигания опасных отходов), или когда известны

<sup>3</sup> Рентгенофлуоресцентный спектрометр.

причины затруднений, например прошлые проблемы с конкретным типом или источником отходов.

Затраты на применение этих технологий быстро возрастают по мере расширения и сложности принятых процедур.

Затраты на отбор проб, проведение анализов, хранение и дополнительную переработку требуют затрат времени, могут составлять значительную долю эксплуатационных затрат на установках для обращения с опасными отходами в особенности, когда применяются режимы широкомасштабного отбора проб и проведения анализов.

Таблица 4.1.4 СРАВНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ СЖИГАНИЯ И ТЕРМИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ И ФАКТОР

Технология	Ключевые характеристики отходов и пригодность	Производительность линии	Эксп. экологич
			Преимущества
Воздухоохлаждаемые движущиеся колосниковые решетки	<ul style="list-style-type: none"> <li>• от низкой до средней теплоты сгорания (5-16,5 ГДж/т)</li> <li>• ТБО и другие гетерогенные твердые отходы</li> <li>• могут принимать часть осадков сточных вод и (или) медицинские отходы с ТБО</li> <li>• применяются на большинстве современных МСЗ</li> </ul>	От 1 до 50 т/ч, большинство проектов от 5 до 30 т/ч. Большинство промышленных применений не ниже 2,5-3 т/ч	<ul style="list-style-type: none"> <li>• очень хорошо зарекомендовали себя в круп масштабах</li> <li>• надежные – низкие затраты на обслуживание</li> <li>• длительное эксплуатационное прошлое</li> <li>• могут принимать гетерогенные отходы без предварительной обработки</li> </ul>
Водоохлаждаемые движущиеся колосниковые решетки	<p>То же самое, что воздухоохлаждаемые колосниковые решетки, за исключением</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Теплота сгорания 10-20 ГДж/т</li> </ul>	От 1 до 50 т/ч, большинство проектов от 5 до 30 т/ч. Большинство промышленных применений не ниже 2,5-3 т/ч	<p>То же самое, что воздухоохлаждаемые колосниковые решетки, но</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• можно обрабатывать отходы с повышенной теплотой сгорания</li> <li>• возможен лучший контроль сжигания</li> </ul>
Решетки плюс вращающаяся печь	<p>То же самое, что и другие решетки, за исключением:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• могут принимать очень гетерогенные отходы при достижении эффективного полного сжигания</li> <li>• нет широкого использования</li> </ul>	От 1 до 10 т/ч	<ul style="list-style-type: none"> <li>• возможно улучшенное полное сжигание</li> </ul>
Неподвижные решетки с механизмом транспортирования золы/отходов	<ul style="list-style-type: none"> <li>• требуется селективный сбор ТБО или некоторое измельчение</li> <li>• меньше проблем с порошками и т.д., чем при движущихся решетках</li> </ul>	Обычно ниже 1т/ч	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ниже уровень обслуживания – нет движущихся частей</li> </ul>

## 4.1.2 Термическая переработка

### 4.1.2.1 Выбор технологии сжигания

Требуется стадия сжигания (или термической переработки), которая технически соответствует материалу, который должен подаваться в технологический процесс. Применение технологии, разработанной для различных отходов с неподходящими характеристиками, часто может привести к плохим или ненадежным характеристикам. См. комментарий в разделе 4.1.1.1, относящийся к необходимости выбора процесса, подходящего для принимаемых отходов.

Ниже в табл. 4.1.4, 4.1.5 и 4.1.6 приведено сравнение основных применяемых

#### Таблица 4.1.4: Сравнение технологий сжигания отходов, оказывающих воздействие на их применимость и пригодность к эксплуатации

Технология	Операционная/техническая информация	Качество шлака	Объем дымовых газов	Информация о затратах
	Недостатки/ограничения			
Порошковая	Обычно не годятся для порошков, жидкостей или материалов, которые плавятся при проходе через решетку	•Общий органический углерод от 0,5 до 3%%	От 4000 до 7000 нм3/т поступающих отходов, в зависимости от низкой теплоты сгорания / Обычно 5200 нм3/т	Высокая производительность снижает удельные затраты на т отходов
Колосниковая	То же самое, что воздухоохлаждаемые колосниковые решетки, но <ul style="list-style-type: none"> <li>•риск утечек при повреждении решетки</li> <li>•повышенная сложность</li> </ul>	•Общий органический углерод от 0,5 до 3,0%	От 4000 до 7000 нм <sup>3</sup> /т поступающих отходов, в зависимости от низкой теплоты сгорания / Обычно 5200 нм <sup>3</sup> /т	Немного выше капитальные затраты, чем для воздухоохлаждаемых решеток
Вращающаяся	производительность ниже, чем в случае одних решеток <ul style="list-style-type: none"> <li>•обслуживание вращающейся печи</li> </ul>	•Общий органический углерод от 0,5 до 3,0%	От 4000 до 7000 нм <sup>3</sup> /т поступающих отходов, в зависимости от низкой теплоты сгорания/ Обычно 5200 нм <sup>3</sup> /т	Повышенные капитальные затраты и некапитальные затраты
Ступенчатая	<ul style="list-style-type: none"> <li>•только для селективно собранных/предварительно обработанных отходов</li> <li>•ниже производительность</li> <li>•для некоторых неподвижных решеток требуется вспомогательное топливо</li> </ul>	•<3% с предварительно обработанными отходами	Чуть ниже, чем у других систем с решетками, где используется ступенчатое сжигание	Конкурентоспособны с движущимися решетками при низкой производительности (< 100 тыс. т/год)

Таблица 4.1.5 – СРАВНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ СЖИГАНИЯ И ТЕРМИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ И Ц

Технология	Ключевые характеристики отходов и пригодность	Производительность линии	Эксплуатация
			Преимущества
Вращающаяся печь	<ul style="list-style-type: none"> <li>• может принимать жидкие и пастообразные отходы</li> <li>• большая ограниченность по твердым отходам (из-за поломки футеровки)</li> <li>• часто применяются для опасных отходов</li> </ul>	< 10 т/ч	<ul style="list-style-type: none"> <li>• очень хорошо зарекомендовала себя</li> <li>• широкий диапазон температур</li> <li>• хорошие условия эксплуатации</li> </ul>
Вращающаяся печь с охлаждаемым кожухом	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Как вращающаяся печь, но:</li> <li>• возможен прием отходов с более высокой теплотой сгорания вследствие более высоких допустимых температур</li> </ul>	< 10 т/ч	<ul style="list-style-type: none"> <li>• очень хорошо зарекомендовала себя</li> <li>• можно использовать для отходов с высокими температурами сгорания (требуется охлаждение)</li> <li>• выше срок службы оборудования по сравнению с печью без охлаждения</li> </ul>
Барботируемый кипящий слой	<ul style="list-style-type: none"> <li>• только измельченные отходы. Ограниченное использование для необработанных ТБО</li> <li>• часто применяются для осадков</li> </ul>	От 1 до 10 т/ч	<ul style="list-style-type: none"> <li>• хорошее смешивание</li> <li>• летучая зола</li> <li>• хорошим качеством</li> <li>• выщелачивания</li> </ul>
Вращающийся кипящий слой	<ul style="list-style-type: none"> <li>• широкий диапазон теплот сгорания (7-18 МДж/кг)</li> <li>• можно сжигать грубо измельченные ТБО</li> <li>• совместное сжигание с осадками сточных вод</li> </ul>	От 3 до 22 т/ч	<ul style="list-style-type: none"> <li>• хорошее смешивание/выщелачивания</li> <li>• высокая турбулентность</li> <li>• широкий диапазон температур</li> <li>• высокий уровень полноты горения, сухих остатков</li> </ul>
Кипящий слой с циркуляцией	<ul style="list-style-type: none"> <li>• только измельченные отходы. Ограниченное использование для необработанных ТБО</li> <li>• часто применяются для осадков/топлива из отходов</li> </ul>	От 1 до 20 т/ч, Обычно используются > 10 т/ч	

технологий сжигания и термической переработки и факторов, воздействующих на их применимость и пригодность к эксплуатации. Важно отметить, что при применении в секторе степень подтверждения перечисленных технологий изменяется в зависимости от характера отходов, к которым успешно применяется технология.

#### 4.1.2.2 Использование моделирования потоков

Физические и (или) компьютерные модели можно использовать для исследования воздействия характеристик конструкции. Можно исследовать различные параметры, включая скорости газа и температуры в печи и котле-утилизаторе. Можно также исследовать расход газа через системы очистки дымовых газов с точки зрения повышения эффективности очистки, например, установок селективного каталитического восстановления (СКВ).

Вычислительная гидродинамика является примером инструмента моделирования, который можно использовать для прогнозирования газовых потоков.

**ФАКТОРОВ, ВОЗДЕЙСТВУЮЩИХ НА ИХ ПРИМЕНИМОСТЬ И ПРИГОДНОСТЬ К ЭКСПЛУАТАЦИИ**

Технологическая/экологическая информация		Качество шлака	Объем дымовых газов	Информация о затратах
Преимущества	Недостатки/ограничения			
мендовали ходового сжигания	Производительность ниже, чем у решеток	•Общий органический углерод < 3%	6-10 тыс. м3/т принимаемых отходов	Более высокие прямые издержки вследствие меньшей производительности
мендовали более высокая (если неупорядоченная)	Производительность ниже, чем у решеток	•меньше •выщелачиваемость •остеклованного шлака	6-10 тыс. м3/т принимаемых отходов	Более высокие прямые издержки вследствие меньшей производительности
	•Требуется внимательная эксплуатация для предотвращения забивания кипящего слоя •повышенные количества летучей золы	•Общий органический углерод < 3%	Относительно ниже по сравнению с решетками	Могут быть ниже затраты на газоочистку. Затраты на предварительную подготовку отходов
плоты сгоревшего шлака	•требуется измельчение ТБО •более высокое содержание летучей золы, чем в случае решеток	•Общий органический углерод < 3% •часто 0,5-1%	От 4000 до 6000 нм <sup>3</sup> /т	
		•Общий органический углерод < 3%	Относительно ниже по сравнению с решетками	Могут быть ниже затраты на газоочистку. Затраты на предварительную подготовку отходов

Использование таких способов может оказать помощь в выборе конструкции, которая даст возможность оптимизировать газовые потоки, для того чтобы действовать эффективным условиям сжигания и предотвратить долгое время пребывания в тех температурных зонах, которые могут в противном случае увеличить риски образования PCDD/F. С помощью применения этого моделирования к конструированию систем очистки дымовых газов можно улучшить характеристики, например, с помощью обеспечения равномерного течения через каталитическую ячейку СКВ.

Моделирование было успешно использовано как на новых, так и на существующих установках для сжигания с целью:

- оптимизации геометрии печи и котла-утилизатора
- оптимизации позиционирования вторичного воздуха и (или) рециркуляции дымовых газов (в случае применения)
- оптимизации мест инъекции реагентов для восстановления NO<sub>x</sub> с помощью селективного некаталитического восстановления (СНКВ)

Таблица 4.1.6 СРАВНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ СЖИГАНИЯ И ТЕРМИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ И Ф

Технология	Ключевые характеристики отходов и пригодность	Производительность линии	Преимущества
Печь с возвратно-поступательным перемещением отходов	<ul style="list-style-type: none"> <li>•ТБО</li> <li>•Гетерогенные отходы</li> </ul>	1-10 т/ч	<ul style="list-style-type: none"> <li>•надежная с низким уровнем обсл</li> <li>•длительное прошлое</li> <li>•низкий уровень выбросов NOx</li> <li>•низкие потери при прокаливани</li> </ul>
Печь с качающимся подом	<ul style="list-style-type: none"> <li>•только отходы с высокой теплотой сгорания &gt;20 ГДж/т</li> <li>•главным образом для медицинских отходов</li> </ul>	< 7т/ч	<ul style="list-style-type: none"> <li>•может принимать жидкие и поро</li> <li>•отходы</li> </ul>
Печь с шагающим и неподвижным подом	<ul style="list-style-type: none"> <li>•только отходы с высокой теплотой сгорания &gt;20 ГДж/т</li> <li>•главным образом для медицинских отходов</li> </ul>	Информация не представлена	<ul style="list-style-type: none"> <li>•может принимать жидкие и поро</li> <li>•отходы</li> </ul>
Слоевая топка с забрасывателем топлива	<ul style="list-style-type: none"> <li>•топливо из отходов и другое сырье в виде гранул</li> <li>•птичий помет</li> <li>•древесные отходы</li> </ul>	Информация не представлена	<ul style="list-style-type: none"> <li>•простая колосниковая конструк</li> <li>•менее чувствительная к размеру чем кипящий слой</li> </ul>
Газификация с неподвижным слоем	<ul style="list-style-type: none"> <li>•смешанные отходы пластмасс</li> <li>•другие потоки с подобными составляющими</li> <li>•газификация меньше используется/зарекомендована,</li> <li>•чем сжигание</li> </ul>	До 20 т/ч	<ul style="list-style-type: none"> <li>•остатки с низким уровнем выщел</li> <li>•полное сжигание при кислородн</li> <li>•наличие</li> <li>•синтез-газа</li> <li>•сниженное окисление утилизиру</li> </ul>
Газификация в потоке	<ul style="list-style-type: none"> <li>•смешанные отходы пластмасс</li> <li>•другие потоки с подобными составляющими</li> <li>•не годятся необработанные ТБО</li> <li>•газификация меньше используется/зарекомендована</li> <li>•чем сжигание</li> </ul>	До 10 т/ч	<ul style="list-style-type: none"> <li>•шлак с низким уровнем выщелач</li> <li>•сниженное окисление утилизиру</li> </ul>
Газификация с кипящим слоем	<ul style="list-style-type: none"> <li>•смешанные отходы пластмасс</li> <li>•измельченные ТБО</li> <li>•измельченные остатки</li> <li>•осадки</li> <li>•отходы, обогащенные металлами</li> <li>•другие потоки с подобными составляющими</li> <li>•газификация меньше используется/зарекомендована чем сжигание</li> </ul>	5-20 т/ч	<ul style="list-style-type: none"> <li>•можно использовать реактор с б температурами, например, для ут алюминия</li> <li>•отделение основных</li> <li>•негорючих</li> <li>•можно эффективно сочетать с пл</li> <li>•сниженное окисление утилизиру</li> </ul>
Пиролиз в печи с коротким барабаном	<ul style="list-style-type: none"> <li>•предварительно обработанные ТБО</li> <li>•инертные потоки с высоким содержанием металлов</li> </ul>	5 т/ч	<ul style="list-style-type: none"> <li>•нет окисления металлов</li> <li>•не используется энергия сжигани для металлов/</li> </ul>
Пиролиз в печи со средним барабаном	<ul style="list-style-type: none"> <li>•остатки от шредера/пластмассы</li> <li>•пиролиз меньше используется/зарекомендован, чем сжигание</li> </ul>	5-10 т/ч	<ul style="list-style-type: none"> <li>•инертной фракции</li> <li>•в реакторе возможна нейтрализ</li> <li>•имеется синтез-газ</li> </ul>

- оптимизации расхода газа через установки СКВ.

Оптимизация конструкции печи может улучшить характеристики сжигания, и, поэтому, ограничить образование CO, общего органического углерода,

**АКТОРОВ, ВОЗДЕЙСТВУЮЩИХ НА ИХ ПРИМЕНИМОСТЬ И ПРИГОДНОСТЬ К ЭКСПЛУАТАЦИИ**

Эксплуатационная/ экологическая информация		Качество шлака	Объем дымовых газов	Информация о затратах
	Недостатки/ ограничения			
туживания и шлака	<ul style="list-style-type: none"> <li>• более высокие тепловые потери, чем у печей с колосниковыми решетками</li> <li>• Теплота сгорания ниже 15 ГДж/т</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Общий органический углерод 0,5-3%</li> </ul>	Информация не представлена	Сходные с другими технологиями
шкообразные	<ul style="list-style-type: none"> <li>• может быть меньше перемешивание слоя</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• зависит от типа отходов</li> </ul>	Информация не представлена	Более высокие прямые издержки из-за сниженной производительности
шкообразные	<ul style="list-style-type: none"> <li>• может быть меньше перемешивание слоя</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• зависит от типа отходов</li> </ul>	Информация не представлена	Более высокие прямые издержки из-за сниженной производительности
дия частиц,	<ul style="list-style-type: none"> <li>• только для хорошо определенных монопотоков</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Информация не представлена</li> </ul>	Информация не представлена	Информация не представлена
ачивания иом дутье	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ограниченная подача отходов</li> <li>• не полное сжигание</li> <li>• высокий уровень квалификации</li> <li>• смола в неочищенном газе</li> <li>• менее широко зарекомендована</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• низкий уровень выщелачивания золы</li> <li>• полное сжигание при использовании кислорода</li> </ul>	Ниже, чем при прямом сжигании	Высокие затраты на эксплуатацию и обслуживание
емых металлов	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ограниченная подача отходов</li> <li>• не полное сжигание</li> <li>• высокий уровень квалификации</li> <li>• менее широко зарекомендована</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• низкий уровень выщелачивания шлака</li> </ul>	Ниже, чем при прямом сжигании	Высокие затраты на эксплуатацию и обслуживание
олее низкими илизации	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ограниченный размер отходов (&lt;30 см)</li> <li>• смола в неочищенном газе</li> <li>• повышенная теплота сгорания неочищенного газа</li> <li>• менее широко зарекомендована</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• при сочетании с плавлением золы в камере для золы происходит остекловывание золы</li> <li>• не представлена информация о качестве золы при отсутствии камеры</li> </ul>	Ниже, чем при прямом сжигании	Ниже, чем у других устройств для газификации
авлением золы емых металлов	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ограниченное количество отходов</li> <li>• важнейшее значение регулирования процесса</li> <li>• требуется высокое искусство</li> <li>• широко не зарекомендован</li> <li>• необходим рынок для синтез-газа</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• зависимость от температуры процесса</li> <li>• для образующихся остатков требуется дополнительная переработка, иногда сжигание</li> </ul>	Очень низкий вследствие низкого избытка воздуха, требующегося для горения	Высокие на предварительную обработку и капитальные затраты

PCDD/F и (или)  $\text{NO}_x$  (т.е. вещества, связанные со сжиганием). Не имеется воздействия на другие содержащиеся в отходах загрязняющие вещества.

Снижение уровня образования вследствие избыточных местных скоростей

дымовых газов с помощью использования вычислительной гидродинамики моделирования может увеличить коэффициент использования установок и повысить с течением времени утилизацию энергии.

Улучшение показателей на стадии сжигания может позволить выбрать оборудование для очистки дымовых газов со сниженными выбросами и потреблением.

Улучшение распределения потока дымовых газов по котлу-утилизатору оказывает помощь в снижении эрозии и обрастания, приводящих к коррозии.

Моделирование применимо к:

- новым проектам для сжигания отходов – для оптимизации конструкции
- существующим установкам, когда существует озабоченность в отношении сжигания и конструкции котла-утилизатора – это должно позволить оператору исследовать и определить приоритеты возможностей оптимизации
- существующим установкам, у которых происходят изменения в печи/котле-утилизаторе
- новым и существующим установкам для исследования позиционирования оборудования для подачи вторичного воздуха/рециркуляции дымовых газов
- установкам, на которых имеются или используются СКВ – для оптимизации самой установки СКВ.

Обычно исследование с помощью компьютерной оптимизации стоит в регионе от 10 до 30 тыс. евро, в зависимости от области действия исследования и количества исследуемых моделей.

Экономия в инвестициях и эксплуатационных затратах может быть связана:

- с выбором альтернативных вариантов для технологии системы очистки дымовых газов
- с меньшими/менее сложными системами очистки дымовых газов
- со снижением потребления в системе очистки дымовых газов.

Экономия, отмеченная выше, с меньшей вероятностью будет достигнута, когда ключевой проблемой является выбор системы очистки дымовых газов при наличии тяжелых металлов или галогенов, например, в случае установок для сжигания опасных отходов. Это связано с тем, что движущей силой для выбора конструкции системы очистки дымовых газов обычно является нагрузка по трудно перерабатываемым веществам, а не веществам, относящимся к сжиганию.

Значительные затраты могут быть связаны с модификацией конструкции печи или котла-утилизатора и возможным снижением выбросов и потребления.

Моделирование используется:

- на стадии применения в Соединенном Королевстве для демонстрации эффективной конструкции предложенной установки с точки зрения сжигания
- для оптимизации на стадии конструирования процесса горения на небольших муниципальных установках в Норвегии
- для некоторых новых и существующих муниципальных установок в Бельгии
- на французских установках: Сент Уан (1989) – Нанси (1995) – Тулуза – Сен-Жермен.

### 4.1.2.3 Характеристики конструкции камеры горения

Для некоторых типов печей, включая колосниковые и неподвижные, существуют варианты, относящиеся к позиционированию и выходу из камеры первичного горения в зоны вторичного горения. Конструкция, которая окажется не подходящей, приведет к неудовлетворительному пребыванию продуктов сгорания в зонах горения, неудовлетворительному горению газовой фазы и повышенным выбросам.

Конструкция выхода из первой стадии печи в зону сгорания газов и зону прекращающегося горения (горловина) должна выбираться в соответствии с составом отходов и других компонентов печи, например, типа решетки.

Для сжигания на колосниковых решетках конструкция камеры сгорания тесно связана с поставщиком решеток. Поставщики могут оптимизировать сочетание решетки и камеры сгорания на основе индивидуальных характеристик своей системы и опыта. Обычно не бывает общих преимуществ/недостатков одной конструкции камеры сгорания по сравнению с другой конструкцией – применять можно любую. Кроме того, конструкция камеры сгорания обычно не может быть выбрана независимо от выбора решетки; вместе они образуют четкую и нераздельную установку.

Моделирование с помощью вычислительной гидродинамики (см. 4.1.2.2) может быть полезным при конструировании камеры горения. Сравнение характеристик различных геометрий некоторых печей приведено в таблице 4.1.7.

Таблица 4.1.7 СРАВНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК РАЗЛИЧНЫХ ГЕОМЕТРИЙ НЕКОТОРЫХ ПЕЧЕЙ

Тип	Характеристика конструкции	Комментарии
Прямоточный или параллельный поток	<ul style="list-style-type: none"> <li>• выход в камеру сгорания в конце печи</li> <li>• газовый поток в том же самом направлении, что и движение отходов</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• годится для отходов с более высокой низшей теплоты сгорания</li> <li>• все выделяющиеся газы должны пройти через зону максимальной температуры и иметь долгое время пребывания</li> <li>• требуется подогрев первичного воздуха в зоне воспламенения</li> </ul>
Противоточный или встречный поток	<ul style="list-style-type: none"> <li>• выход в камеру сгорания в начале печи</li> <li>• газовый поток в направлении, противоположном движению отходов</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• годится для отходов с низкой теплотой сгорания / высокой влажностью / высоким содержанием золы (когда горячие газы из зоны испарения проходят через зону сушки)</li> <li>• повышенные требования к вторичному воздуху для обеспечения полного сгорания газа</li> </ul>
Центральный или осевой поток	<ul style="list-style-type: none"> <li>• выход в камеру сгорания в середине печи</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• компромиссное решение для широкого спектра отходов</li> <li>• конфигурация печи/вторичного воздуха важна для обеспечения полного сгорания газа</li> </ul>
Разделенный поток	<ul style="list-style-type: none"> <li>• выход из камеры сгорания в среднее положение, но разделение с помощью центральной секции</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• центральная секция помогает удерживать газы и позволяет инжектировать вторичный воздух из дополнительных мест</li> <li>• используется главным образом для печей с очень крупным размером</li> </ul>

Улучшение сжигания приводит к снижению выбросов во все среды и к снижению потребления.

Не идентифицированы значительные негативные воздействия между средами.

Камера сгорания обычно поставляется с решеткой и оптимизируется для конкретного типа решетки, который был выбран. Поэтому конструкция камеры сгорания зависит от выбора решетки. Каждая система, описанная в табл. 4.1.7, может иметь своим результатом улучшение эксплуатационных характеристик при надлежащем применении.

Описанные особенности обычно применимы к большинству конструкций мусоросжигательных установок, за исключением вращающихся печей, когда выход в камеру вторичного горения всегда находится в конце печи. Однако в случае вращающихся печей определение габаритов и формы соединения с вторичной камерой и позиционирование инъекции вторичного воздуха также должны быть такими, чтобы это предусматривало достаточное время пребывания газа и смешения, для содействия полному сгоранию газа (на что указывают низкие и устойчивые концентрации продуктов неполного горения).

Системы с разделенным потоком применимы главным образом к печам с крупными размерами, поскольку смешивание дополнительного вторичного воздуха становится возможным в центральных позициях печи. В печах меньших размеров адекватное смешение может быть достигнуто с использованием инъекции вторичного воздуха через боковую стенку.

Сбалансированная конструкция камеры горения обеспечивает, что газы, образующиеся при сжигании отходов, хорошо смешиваются и удерживаются при достаточно высокой температуре в камере сгорания, что дает возможность полного завершения процесса горения. Этот принцип применим ко всем процессам сжигания отходов.

На новых установках характеристики конструкции камеры сгорания могут быть оптимизированы с самого начала. Дополнительные затраты на такие усовершенствования конструкции могут быть небольшими по отношению к общим затратам на проект.

На существующих установках затраты на реконструкцию (обычно это означает замену) печи бывают очень высокими, и они часто могут перевесить достигнутые выгоды, если только не будет очень серьезных трудностей со стадией сжигания, или с соответствующим оборудованием вследствие замены по другим причинам.

#### ***4.1.2.4 Конструирование для повышения турбулентности в камере вторичного сгорания***

Это решение относится к характеристикам конструкции, которые способствуют повышению турбулентности, и, следовательно, к смешению горючих газов в зоне после зоны первичного сгорания, но перед или в начале основных зон утилизации отходящего тепла, где температура газа все еще будет превышать приблизительно 850°C. После этой зоны продукты сгорания могут пройти далее

через основные зоны утилизации отходящего тепла (теплообменники), и здесь требуется стабильная и равномерная скорость и поток газа для предотвращения противоточного потока газа и циркуляция, которая может привести к проблемам теплообмена и образования загрязняющих веществ.

В некоторых случаях можно использовать зону дополнительного горения для повышения турбулентности в камере вторичного сгорания. Примеры конструкций включают:

- циклонные камеры
- включение экранов (требуется охлаждение)
- несколько проходов и поворотов в камере
- тангенциальная подача вторичного воздуха
- установка и размещение систем инъекции вторичного воздуха (сопла).

Улучшение сжигания приводит к пониженным концентрациям в неочищенном загрязнителях, образующихся при сжигании.

Этот прием может позволить снизить объем требующегося вторичного воздуха, и, следовательно, снизить общие объемы дымовых газов и образования  $\text{NO}_x$ . Эффективная турбулентность должна привести также к улучшению дожигания продуктов сгорания со снижением уровней летучих органических соединений и CO.

#### ***4.1.2.5 Использование непрерывной работы вместо периодического процесса***

25

Выбросы с установок для сжигания отходов легче контролировать в течение работы в штатном режиме, чем в течение операций пуска и останова. Требуется снижение количеств пуска и останова, поэтому, что является важной стратегией эксплуатации, которая может позволить снизить общие выбросы и потребление. Режим сбора/поставки отходов и сезонные флуктуации образования отходов могут вызвать остановы вследствие отсутствия отходов, хотя это часто удается предотвратить с помощью эксплуатации установки на частичной нагрузке, для того чтобы справиться с такими флуктуациями. Эксплуатация на частичной нагрузке обычно не вызывает проблем для современных камер сгорания.

Факторы, которые помогают в достижении непрерывной работы, включают в себя:

- производительность технологического процесса, сходная с темпом подачи отходов
- хранение отходов (когда это возможно) может охватывать длительные периоды
- организация цепи поставки для предотвращения длительных периодов
- дополнительная подача отходов с дополнительными топливами
- использование текущей очистки.

Предотвращение остановов может снизить затраты на установки для сжигания путем:

- возможности непрерывной работы и, следовательно, большего использования установки
- снижения обслуживания печи вследствие более низкой тепловой нагрузки на процесс
- предотвращения капитальных затрат на необязательные крупные процессы.

#### **4.1.2.6 Выбор и использование подходящих систем контроля и параметров горения**

Сжигание отходов с переменным составом требует процесса, который может справиться с большими изменениями в условиях процесса. Когда встречаются неблагоприятные условия процесса, требуется вмешательство в производственный контроль.

Для того чтобы была возможность контролирования процесса сжигания, требуется подробная информация о процессе, должна быть спроектирована система контроля (“концепция”), и необходимо, чтобы была возможность вмешательства в процесс. Детали используемой системы меняются от установки к установке. Ниже приведен краткий обзор информации о процессе, систем концепции контроля и вмешательства в процесс, которые можно использовать.

Информация о процессе может включать:

- температуры в различных местах решетки;
- толщина слоя отходов на решетке (визуальный контроль);
- падение давления по длине решетки;
- температуры в различных местах печи и температура дымовых газов;
- определение распределения температуры по поверхности решетки с помощью оптических или инфракрасных измерительных систем;
- измерение концентраций CO, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> и (или) H<sub>2</sub>O (в разных местах);
- данные о производстве пара (например, температура, давление);
- отверстия в стенке камеры сгорания для визуального наблюдения человеком или с помощью камеры;
- длина и позиционирование фронта горения в печи;
- данные по выбросам для веществ, выделяющихся при сжигании (неослабленные уровни).

Концепцией контроля может быть классическая система контроля, которая уже может быть включена в ЭВМ для управления технологическим процессом. В дополнение к этому применяются системы нечеткого управления<sup>4</sup>.

Вмешательство в управление включает в себя:

- систему дозирования для отходов
- частоту и скорость движения решетки в различных частях
- количество и распределение первичного воздуха
- температуру первичного воздуха (если имеются системы подогрева)

<sup>4</sup> Системы, разработанные американским ученым Лотфи Заде, но впервые примененные в Японии в 1980-е годы и предназначенные для систем и производственных процессов с неполной информацией и высокой сложностью объекта управления. Эти системы основаны на нечеткой логике. Нечеткое управление позволяет получать более адекватные результаты, чем в случае систем, основанных на традиционных методах управления.

- количество и распределение вторичного воздуха в печи (и при наличии газ рециркуляции)

- отношение первичного воздуха к вторичному воздуху.

Использование усовершенствованных систем контроля может привести к процессу сжигания, который будет характеризоваться меньшими вариациями во времени (например, повышенная стабильность) и пространстве (т.е. большая гомогенность), таким образом, появится возможность повышения общих показателей сжигания и снижения выбросов и сбросов во все среды.

Улучшенный контроль процесса имеет следующие характерные преимущества:

- лучшее качество шлака (вследствие удовлетворительного распределения первичного воздуха и лучшего позиционирования процесса сжигания на колосниковых решетках)

- меньшее образование летучей золы (вследствие меньших вариаций в количестве первичного воздуха для сжигания)

- лучшее качество летучей золы (меньшее количество несгоревшего материала вследствие более стабильных условий процесса в печи)

- меньшее образование СО и летучих органических соединений (вследствие более стабильных условий процесса в печи, т.е. отсутствие “холодных” пятен)

- меньшее образование  $\text{NO}_x$  (вследствие более стабильных условий процесса в печи, т.е. отсутствие “горячих” пятен)

- меньше рисков образования диоксинов (и прекурсоров) вследствие более стабильного процесса в печи

- лучшее использование мощности (вследствие снижения потерь из-за вариаций тепловой мощности)

- лучшая энергоэффективность (вследствие снижения среднего количества воздуха для сжигания)

- лучшая работа котла-утилизатора (вследствие более стабильной температуры имеется меньше температурных “пиков” и, таким образом, меньше риск коррозии и забивания из-за образования летучей золы)

- лучшая работа системы очистки дымовых газов (вследствие более стабильного количества и состава дымовых газов)

- выше потенциал деструкции в сочетании с более эффективным сжиганием отходов.

Выбор и использование подходящих систем контроля сжигания и параметров применимы ко всем установкам для сжигания отходов. Подробные компоненты такой системы должны изменяться от одного процесса к другому. Большой частью такие системы контроля применяются к установкам с колосниковыми решетками. Наибольшая выгода достигается, когда в печь поступают отходы с высоким уровнем гетерогенности, т.е. переменного состава, или когда их качество трудно предсказать или обеспечить.

Указанные преимущества имеют своим результатом меньшее обслуживание, и, поэтому, лучшее использование установки.

Широко используются по всей Европе, в особенности на современных заводах.

#### 4.1.2.7 Использование инфракрасных камер для мониторинга и контроля горения

Непрерывная корректировка распределения и количества воздуха для сжигания согласно точной потребности воздуха для реакций горения в индивидуальных зонах печи может улучшить процесс сжигания. Инфракрасная камера является примером технологии, которая может быть использована для создания термического представления о слое сжигаемых отходов. Используются также ультразвуковые и визуальные камеры. Распределение температур на решетке появляется на экране как изотермическое поле, с постепенно изменяющимися окрашенными областями.

Для последующего контроля работы печи можно определить характеристические температуры индивидуальных зон решетки и передать информацию в контроллер, управляющий работой печи как входные параметры для переменных печи. С использованием нечеткой логики, некоторых переменных (например, температура, содержание  $\text{CO}$ ,  $\text{O}_2$ ) можно определить последовательность правил для поддержания процесса в заданных параметрах. Кроме того, можно контролировать рециркуляцию дымовых газов и добавку третичного воздуха.

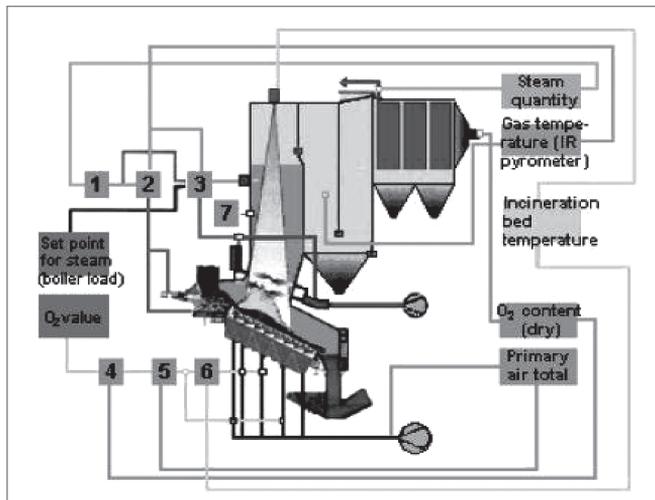


Рисунок 4.1.1 - Пример компонентов системы контроля печи

Пояснения к рисунку:

Set point for steam (boiler load) – заданные значения для пара (нагрузка котла-утилизатора)

$\text{O}_2$  value – значение  $\text{O}_2$

Steam quantity – расход пара

Gas temperature (IR pyrometer) – температура газа (инфракрасный пирометр)

Incinerator bed temperature – температура слоя в установке для сжигания

$\text{O}_2$  content (dry) – содержание  $\text{O}_2$  (сухой газ)

Primary air total – общий первичный воздух.

С помощью управляемой компьютером обработки изображений видеозображения, полученные с помощью инфракрасной камеры, можно преобразовать в сигналы, которые поступают в системой регулирования печи и сочетаются с такими параметрами, как содержание кислорода в дымовых газах и расход пара.

Загрузку камеры сгорания установки для сжигания можно затем контролировать с помощью регистрации средней температуры слоя отходов на передней части решетки и оценки значения  $O_2$  в торце котла-утилизатора. С помощью камеры, контролирующей температуру слоя отходов в инсинераторе, происходит регистрация температуры первых трех зон решетки, а подача первичного воздуха может добавляться в соответствии с потребностью (количество и распределение воздуха), что помогает в обеспечении равномерности процесса сжигания в основной зоне сжигания. Во 2-й зоне решетки (зона воспламенения) регулируется расход воздуха, как функция температуры поверхности слоя, и можно достичь более постоянного профиля температуры. Корректировка количества воздуха в зонах 3 и 4 решетки и температуры поверхности сжигания приводит к устойчивому сжиганию и эффективному дожиганию шлама.

В ходе выполнения проекта были проведены испытания при сжигании с корректировкой по значению кислорода добавки первичного и вторичного воздуха и добавки азота во вторичный воздух. Было зарегистрировано благоприятное влияние на пыль,  $CO$  и концентрации общих летучих органических соединений в дымовых газах. В частности, при обогащении первичного воздуха кислородом (содержание кислорода в обогащенном воздухе составляло от 25 до 28% по объему). Кроме того, можно было снизить содержание  $NO_x$  в дымовых газах вследствие добавки азота к вторичному воздуху.

Результаты этого исследования привели к разработке системы, объединившей следующие стадии процесса:

- полностью автоматизированное регулирование сжигания отходов с помощью инфракрасной камеры и нечеткой логики
- рециркуляция дымовых газов в печи с помощью системы вторичного воздуха
- обогащение кислородом первичного воздуха для сжигания в основных зонах сжигания.

Меры, внедренные на другой существующей установке с колосниковой решеткой с загрузкой отходов, включали:

- постепенную добавку воздуха для сжигания
- постоянное дозирование отходов с помощью контроля веса слоя
- мониторинг сжигания с помощью оптических датчиков (так называемые датчики сжигания) в различных зонах решетки
- рециркуляция дымовых газов.

По сравнению с обычной работой установки было снижено количество загрязняющих веществ в процессе сжигания.

Результаты испытаний с нормальным режимом работы и с контролем сжигания с инфракрасной камерой и с добавкой кислорода приведены ниже в табл. 4.1.8.

**Таблица 4.1.8 ИЗМЕРЕНИЯ НЕОЧИЩЕННЫХ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ В ХОДЕ ИСПЫТАНИЙ УСТАНОВКИ ПРИ НОРМАЛЬНОЙ РАБОТЕ, С ИНФРАКРАСНОЙ КАМЕРОЙ И ДОБАВКОЙ КИСЛОРОДА**

Компонент дымовых газов (неочищенные дымовые газы за парогенератором)	Нормальная работа	ИК камера и нечеткая логика	Добавка O <sub>2</sub>
Содержание кислорода (об. %)	9,1 – 9,3	8,9 – 9,3	6,2 -10,9
Монооксид углерода (мг/м <sup>3</sup> )	12-32	9-26	20-27
Пыль (г/м <sup>3</sup> )	0,7-1,7	0,6-1,0	0,5-1,0
Общий углерод (мг/м <sup>3</sup> )	1,1-2,4	0,9-1,0	1,0-1,2
Диоксины/фураны (нг I-TE/м <sup>3</sup> )	1,5-2,7	1,0-1,3	2,0-3,5

Комментарий Технической рабочей группы: Рост концентрации PCDD/F при добавке кислорода, приведенный здесь, является неожиданным результатом, с теоретической точки зрения.

Порядок величины для одной камеры (не установленной как самостоятельное устройство, т.е. не интегрированной в схему управления установки) составляет порядка 50000 евро. Однако сообщается также, что один поставщик приводил величину в 300000 евро на линию (из представленной информации непонятно, относится ли это ко всей системе, включая ИК-камеру с поставкой кислорода).

30

#### **4.1.2.8 Оптимизация стехиометрии подаваемого воздуха**

В систему горения должно поставляться достаточное количество кислорода (обычно из воздуха) для обеспечения того, чтобы реакции горения проходили до полного завершения.

В дополнение к этому, подача воздуха играет следующие роли:

- охлаждение
- предотвращение образования шлака в камере сгорания/котле
- смешение газов для повышения эффективности
- оказание влияния на качество сжигания.

Подача чрезмерно малого или чрезмерно большого количества воздуха вызывает трудности. Требуется точное количество воздуха в зависимости от:

- типа и характеристик отходов (теплота сгорания, влажность, гетерогенность)
- типа камеры сгорания (для кипящего слоя требуется большее общее количество воздуха вследствие возрастающего перемешивания отходов, что приводит к росту взаимодействия отходов с воздухом
- обеспечения подачи воздуха в правильных местах и нужных количествах.

В общем, следует предотвращать избыточную подачу воздуха, но важно, чтобы его было достаточно для обеспечения эффективного сжигания (свидетельством чего является низкие и стабильные концентрации СО на выходе из печи).

Избыточная подача воздуха приведет к росту объемов дымовых газов, и, следовательно, к повышению размеров и соответственно затрат на системы очистки дымовых газов.

#### **4.1.2.9 Оптимизация и распределение подачи первичного воздуха**

Первичный воздух – это тот воздух, который подается в слой отходов или непосредственно над ним для обеспечения потребности в кислороде, необходимом для сжигания. Первичный воздух также помогает сушке, газификации и охлаждению некоторых элементов оборудования сжигания.

Способ подачи первичного воздуха имеет непосредственную связь с технологией сжигания.

В системах с колосниковыми решетками он подается через решетку в слой отходов для:

- поставки необходимого количества воздуха в различные зоны решетки, в которых происходят реакции (сушки, газификации, испарения) и обеспечения равномерного и достаточного распределения в слое отходов, что улучшает дожигание шлака
- охлаждения колосника для предотвращения ошлакования и коррозии.

Охлаждение решеток с помощью охлаждающей жидкости обычно достигается с помощью отдельного водяного контура, и воздействие первичного воздуха, поэтому, несущественно.

На решетках мусоросжигательных установок поток первичного воздуха определяется главным образом потребностью в кислороде (функция размера), а не потребностями в охлаждении решетки.

Во вращающихся печах, со ступенчатым и неподвижным подом первичный воздух вводится обычно выше слоя отходов. В некоторых конструкциях печей со ступенчатым подом первичный воздух может частично вводиться ниже слоя отходов.

В системах с кипящим слоем первичный воздух вводится непосредственно в псевдоожиженный материал и служит также для оживания самого слоя. Первичный воздух продувается через сопла со дна камеры сгорания в слой.

Равновесие между первичным и вторичным воздухом будет зависеть от характеристик отходов и от того, какая используется технология сжигания. Оптимизация этого равновесия является полезной для протекания технологического процесса и выбросов. В общем, при повышенной теплоты сгорания отходов удается снижать отношение первичного воздуха.

Разделение подачи первичного воздуха (с использованием индивидуальных воздушных коробок, и если удобно, с помощью множества вентиляторов или с помощью распределенной подачи) в различные зоны решетки мусоросжигательной установки позволяет регулировать подачу воздуха в каждую зону. Это дает возможность оптимизировать каждый процесс, который проходит на решетке (сушка/пиролиз/газификация/испарение/полное сгорание) с помощью поставки оптимизированного количества воздуха.

Недостаточная поставка первичного воздуха в конечную (полное сгорание) стадию может привести к плохому выгоранию золы, если время пребывания в камере не будет достаточно высоким.

Если воздух для горения протягивается из зоны хранения отходов, это будет помогать снижению рисков образования запахов от хранения отходов.

Оптимизация подачи воздуха и его распределения полезны для оптимизации стадия горения в процессе сжигания отходов и снижения общих выбросов. Улучшаются условия полного сжигания шлака. Снижается потребность в первичных топливах для поддержания горения.

#### ***4.1.2.10 Подогрев первичного и вторичного воздуха***

Подогрев подаваемого первичного воздуха может улучшить процесс сжигания за счет сушки отходов. Это особенно важно, когда сжигаются отходы с низкой теплотой сгорания/высокой влажностью, так как для них может потребоваться дополнительная сушка.

Подогрев подаваемого вторичного воздуха может повысить эффективность и помочь в проведении процесса сжигания в случае отходов с низкой теплотой сгорания путем обеспечения того, что температуры в зоне полного сгорания газов будут достаточными с равномерным распределением.

Подогрев воздуха для сжигания на мусоросжигательных установках с колосниковыми решетками обычно делается с помощью пара низкого давления, а не с помощью теплообмена с дымовыми газами (усложняются воздухопроводы, возникают проблемы коррозии).

Подогрев воздуха для сжигания в барботирующем кипящем слое обычно делается с помощью теплообмена с дымовыми газами, но иногда также с помощью пара или вспомогательного топлива.

Конструкция системы для новых установок приведет к дополнительным затратам на теплообменник, а также на контур пара и конденсата. Воздействие дополнительных затрат будет зависеть от производительности установки.

Капитальные затраты на теплообменное оборудование могут быть скомпенсированы тем, что удастся избежать затраты на внешние топлива.

#### ***4.1.2.11 Инжекция вторичного воздуха, оптимизация и распределение***

В течение сушки, газификации, сжигания и полного сгорания горючие компоненты отходов преобразуются в газообразную форму. Эти газы являются смесью многих летучих компонентов, которые должны дополнительно окисляться. Для этой цели в печь вводится дополнительный воздух (так называемый вторичный воздух).

Температуру сжигания можно повысить с помощью подогрева воздуха для сжигания и снизить с помощью подачи большего количества воздуха для сжигания (примечание: достаточное время пребывания газов зависит главным образом от размеров печи). Поэтому в некоторых случаях вторичный воздух может обеспечить также и охлаждение.

Еще одной важной функцией вторичного воздуха является смешение с горячими дымовыми газами; с этой целью он продувается в печь через большое количество сопел, которые обеспечивают, что в достаточной степени охвачено все поперечное сечение печи. Поскольку смешение с горячими газами требует достаточного количества энергии для смешения, вторичный воздух продувается с относительно высокой скоростью. Кроме того, размеры печи выбираются таким образом, чтобы обеспечить адекватные характеристики потока дымовых газов и достаточное общее время пребывания. Для мусоросжигательных установок расход определяется требованиями смешения.

Места отверстий для инжектирования, направления и количества можно исследовать и оптимизировать для различных геометрий печей, используя, например, моделирование потока.

Температуры в головках сопел могут внести значительный вклад в образование  $\text{NO}_x$ . Типичные температуры находятся в диапазоне от 1300 до 1400°C. Использование сопел специальной конструкции и рециркуляции дымовых газов для замены некоторого количества азота может снизить температуры сопел и поставку азота, что приведет к повышенному образованию  $\text{NO}_x$ .

- низкие и устойчивые выбросы веществ, связанных со сжиганием
- улучшение окисления продуктов сжигания, образовавшихся в течение ранних стадий сжигания
- снижение уноса продуктов неполного сжигания и летучей золы в стадиях очистки дымовых газов.

Выгоды связаны со снижением количества веществ, образующихся при сжигании (например,  $\text{NO}_x$ , CO и (или) летучих органических соединений). CO и летучие органические соединения не подвергаются воздействию системы газоочистки.

Затраты на проведение изменений для оптимизации вторичного воздуха на индивидуальных существующих установках будут в значительной степени зависеть от конкретных характеристик. Эти затраты включены для новых установок. Если уровень  $\text{NO}_x$  снижается, то это может также привести к снижению затрат на очистку и повысить достигаемый уровень подавления выбросов  $\text{NO}_x$  при использовании технологии СНКВ. Оптимизация вторичного воздуха может снизить объем дымовых газов, и, поэтому, соответственно снизить размеры системы газоочистки. Однако массовый расход загрязняющих веществ останется таким же.

#### **4.1.2.12 Замена части вторичного воздуха рециркуляцией дымовых газов**

Одной из целей добавки вторичного воздуха (помимо окисления горючих компонентов дымовых газов) является улучшение смешения и однородности дымовых газов. Однако использование большего количества вторичного воздуха, чем необходимо, приводит к повышенным количествам дымовых газов. Это вызывает снижение энергоэффективности установки, что приводит к увеличению

размеров систем газоочистки, и, поэтому, к повышению затрат.

За счет замены части вторичного воздуха рециркуляцией дымовых газов объем дымовых газов снижается в месте выхода из печи. Снижение подачи свежего азота (из воздуха) в печь может помочь в снижении выбросов  $\text{NO}_x$ .

В общем, рециркуляция дымовых газов после газоочистки приводит к снижению коррозии и других эксплуатационных проблем, вызываемых неочищенными дымовыми газами, и это связано с некоторыми потерями энергии, а система очистки дымовых газов должна проектироваться на больший расход.

Однако, если рециркуляция дымовых газов происходит до системы газоочистки, тогда размер системы очистки дымовых газов можно снизить, хотя появляется необходимость в очистке большего количества дымовых газов вследствие возросшей концентрации, и повышается риск эрозии, коррозии и обрастания.

См. также раздел 4.1.2.11 об оптимизации вторичного воздуха.

Достижимые выгоды для окружающей среды:

- снижение объемов дымовых газов, и, следовательно, размеров системы газоочистки (в случае рециркуляции неочищенных дымовых газов)
- повышение энергоэффективности (на установках с комбинированным производством тепловой и электрической энергии сообщается о росте примерно на 0,75%)
- снижение образования  $\text{NO}_x$  на 10-30% (если в неочищенном газе имеются высокие уровни  $\text{NO}_x$ )
- снижение потребления реагентов для подавления образования  $\text{NO}_x$ .

Эта технология была применена для новых установок для сжигания отходов. Были модернизированы некоторые существующие установки для внедрения этой технологии.

Способ имеет ограниченную применимость для сжигания опасных отходов. В случае сжигания опасных отходов во вращающихся печах имеется необходимость в высоком содержании кислорода, и, поэтому, рециркуляция газа имеет ограниченную применимость.

#### **4.1.2.13 Применение воздуха, обогащенного кислородом**

Замена подаваемого воздуха (технически) чистым кислородом или воздухом, обогащенным кислородом.

Этот способ применяется на некоторых установках для газификации и пиролиза для сжигания газов, которые на них образуются, часто как часть систем, которые предназначены для повышения температур горения, для того чтобы расплавить золу установок для сжигания отходов. В таких случаях исходный реактор пиролиза или газификации часто является физически отделенной установкой от последующей камеры сгорания. Синтез-газ с высоким содержанием топлива проходит в зону горения, в которую добавляется воздух, обогащенный кислородом, с регулированием расхода, для того что-

бы достичь желаемых условий сжигания. В зависимости от уровня добавки кислорода и качества газа, температура в камере сгорания обычно находится в диапазоне от 850 до 1500°C, хотя в отдельных случаях температура доходит до 2000°C (или выше). При температурах выше 1250°C плавится захваченная дымовыми газами летучая зола.

Этот способ был применен при испытаниях на существующих крупных установках для сжигания, для того чтобы улучшить характеристики процесса, и в качестве технологии специального назначения на установках меньшей производительности, которые обычно предназначены для обезвреживания определенных (часто опасных) потоков отходов. На этих установках (например, установки, установленные на трейлере) процесс можно применять для периодической работы в герметизированном реакторе, с повышенным давлением (8 атм.) и температурой (например, в диапазоне от 2000 до 8000°C).

Быстрое и эффективное сжигание может привести к очень низким и контролируемым выбросам CO и других загрязняющих веществ.

Замена азота в воздухе кислородом может снизить возможность термического образования  $\text{NO}_x$ . Однако образование  $\text{NO}_x$  зависит также от температуры факела, поэтому, требуется осторожность для обеспечения того, чтобы замена азота была достаточной для предотвращения в сочетании с повышенными температурами общего роста выбросов  $\text{NO}_x$ .

Выделяется меньший объем отходящих газов по сравнению с технологиями с подачей воздуха для сжигания. Однако при температурах выше 1500°C эта выгодная ситуация может снизиться вследствие увеличения объема дымовых газов. Более концентрированные загрязняющие вещества в результате пониженного объема дымовых газов могут быть уловлены в компактной линии газоочистки. Однако для этого потребуются специальная адаптация к очистке дымовых газов на существующих установках. При снижении размеров системы газоочистки может снизиться до некоторой степени и потребление (например, для  $\text{NO}_x$ ), но это в значительной степени связано с нагрузкой по загрязняющим веществам (скорее, чем с концентрацией), и, поэтому, снижение может оказаться пренебрежимо малым для отходов, содержащих загрязняющие вещества. Сообщают также, что при использовании этой технологии можно снизить также и размеры котла-утилизатора.

Сообщалось, что использование температур выше диапазона 1500-2000°C имеет только ограниченную дополнительную выгоду с точки зрения сокращения выбросов.

В общем, для установок требуется специальные конструктивные изменения при внедрении с целью использования этой технологии. Особое внимание следует уделить конструкции установки, включая специальные изменения для адаптации к камере сгорания, условиям теплообмена и размерам систем газоочистки. При низких уровнях добавки кислорода изменения конструкции могут быть более ограниченными, но при этом снижаются также и преимущества использования этой технологии.

Технология может быть применима как вариант модернизации на существующих установках, когда:

- выбросы, связанные со сжиганием, высокие или трудно контролируемые
- объемы подачи воздуха уже высокие.

Высокая эффективность сжигания может позволить технологию для сжигания материалов, обладающих очень высокой устойчивостью к сжиганию, например РСВs.

На практике обогащение воздуха кислородом не применяется широко вследствие дополнительных затрат и воздействий между средами, связанных с генерацией кислорода, дополнительными эксплуатационными проблемами (например, повышенные температуры могут привести к проблемам контроля расплавленной золы) и способности технологий на основе воздуха достичь хороших показателей.

Чистый кислород дорог, воздух, обогащенный кислородом, дешевле, но все же вызывает появление дополнительных затрат по отношению к обычному воздуху. Затраты могут быть снижены, если установка находится на участке, где кислород уже имеется, например, некоторые промышленные участки. Значительными являются паразитные электрические нагрузки на участках для производства кислорода. Это изменяется в соответствии с размерами установки, требованиями к температуре и чистоте кислорода, но обычно потребность в источнике электроэнергии составляет порядка 0,5-2 МВт. Использование этой технологии может внести значительный вклад в капитальные и эксплуатационные затраты. Снижение объема дымовых газов может снизить требуемые размеры системы газоочистки.

В Австрии установка для сжигания ТБО была сдана в эксплуатацию в начале 2004 г., и на ней был применен воздух, обогащенный кислородом. Годовая производительность составляет около 80000 т/год, среднее содержание кислорода составляет 26%, температура на решетках составляет около 1100-1200°C, в то время как температура в камере сгорания снижена с помощью рециркуляции дымовых газов. До настоящего времени оператор не сообщал о каких-либо проблемах.

Обогащение кислородом применяется в процессах газификации и пиролиза для ТБО и промышленных отходов в Японии как часть систем, которые предназначены для плавки золы от сжигания (например, центр чистого производства компании Асахи, в городе Кавагути).

Первая полномасштабная установка для сжигания опасных отходов в настоящее время работает на предприятии инвестиционной компании SEABO (муниципалитет Болонья). До сих пор она использовалась для обезвреживания таких материалов, как: грунтующие краски, галогенированные растворители, типографская краска, кислотный гудрон, пластиковая тара, загрязненные ткани, масла, содержащие полихлорбифенилы, лекарственные средства с просроченным сроком действия.

#### **4.1.2.14 Охлаждение колосниковых решеток**

Охлаждение колосниковых решеток проводится для контроля температуры металла, и, тем самым, повышения срока службы решеток. Охлаждающей средой может быть воздух или вода (могут использоваться также и другие жидкости, такие как масла или другие теплопроводящие жидкости).

Воздух подается ниже решеток и проходит через отверстия решетки; основная функция этого воздуха состоит в поставке необходимого кислорода для окисления, и расход запроектирован в соответствии с этим требованием. Одновременно этот воздух обеспечивает охлаждение решеток, который является источником охлаждения для воздухоохлаждаемых решеток. Когда вводится больше избыточного воздуха, обеспечивается дополнительное охлаждение, но образуется большее количество дымовых газов.

Решетки с жидкостным охлаждением включают в себя контур внутри решеток, с помощью которого поступает жидкость для охлаждения решетки. Чем выше теплопроводность жидкости, тем больше она подходит для охлаждения решеток в ситуациях, когда имеются ограничения для охлаждения воздухом, в частности, когда сжигаются отходы с высокой теплотой сгорания (например, >10 МДж/кг).

Жидкость протекает от холодных частей решетки к более горячей, для того чтобы поддерживать разность температур. Температуру жидкости можно использовать для мониторинга реакций (иногда эндотермических, иногда экзотермических, и с различной степенью), происходящих в слое отходов выше решетки. Эти реакции затем можно контролировать с помощью изменения количества воздуха, подаваемого через эту секцию решетки к расположенным выше отходам. Это разделение функций охлаждения и подачи воздуха может улучшить контроль процесса.

Как воздухо-, так и водоохлаждаемые колосниковые решетки обеспечивают эффективное сжигание отходов.

Для отходов с повышенными теплотами сгорания использование решеток с жидкостным охлаждением может позволить несколько улучшить процесс регулирования сжигания, так как требуются дополнительные возможности для охлаждения с такими отходами, которые могут быть получены при использовании охлаждающей жидкости вместо поставки большего количества воздуха, и, таким образом, можно снизить подачу первичного воздуха, и, следовательно, снизить объем дымовых газов.

Воздухоохлаждаемые решетки широко используются и зарекомендовали себя для ТБО и для широкого диапазона других, главным образом твердых отходов. Сообщают, что они отличаются высокой надежностью и обеспечивают достижение эффективных характеристик и длительный период эксплуатации. Сложность воздухоохлаждающих систем в определенной мере ниже, чем сложность систем, охлаждаемых жидкостями, и это может иметь эксплуатационные преимущества. Использование воздухоохлаждаемых решеток в Европе является обычной практикой, и приблизительно 90% установок для сжигания ТБО имеют решетки с воздушным охлаждением.

Система охлаждения решеток с помощью жидкости повышает эффективность охлаждения, так как жидкость циркулирует непосредственно внутри решетки. Может быть снижен риск тепловых повреждений решетки, и даже в случае отходов с высокой теплотой сгорания появляется возможность достижения периода эксплуатации свыше четырех лет. Требуется изготовление колосниковых решеток с эффективным охлаждением жидкостью для предотвращения проблем с образованием трещин и протечкой жидкости и последующим воздействием на использование установки. Для того чтобы повысить контроль температуры решетки, требуется современная система циркуляции охлаждающей жидкости с тем, чтобы все секции колосниковой решетки были охлаждаемы.

В условиях повышенных температурных условий, которые могут возникнуть, когда сжигаются отходы с высокой теплотой сгорания, решетки с охлаждением жидкостью могут иметь больший срок службы вследствие сниженного уровня коррозии, которой они подвергаются, но для них может быть повышенный риск повреждения решеток из-за утечек жидкости, по сравнению с воздухоохлаждаемыми системами.

Эксплуатационный опыт демонстрирует, что в случае водоохлаждаемых решеток фактически все утечки происходят в местах соединений между плитками или соединений между плитками и коллекторами системы охлаждения. Следовательно, риск аварий в контуре охлаждения можно минимизировать с помощью снижения количества этих соединений. Конструкции решеток с охлаждением жидкостью с небольшим количеством соединений предпочтительны. Срок службы водоохлаждаемых решеток может превышать 35-40 тыс. рабочих часов.

#### ***4.1.2.15 Водоохлаждаемые вращающиеся печи***

Этот способ обычно используется вместе с повышенными температурами в печи (см. раздел 4.1.2.16). Система охлаждения вращающейся печи состоит из двух контуров охлаждения. Первичный контур водоохлаждения поставляет первичную охлаждающую воду в верхнюю часть вращающейся печи и равномерно распределяет ее для обеспечения эффекта равномерного охлаждения всего корпуса печи. Затем вода собирается в четырех водосборных бассейнах, размещенных под печью, и она свободно стекает в водосборный бак. Вода циркулирует через фильтр и теплообменник с помощью циркуляционного насоса. Испарение компенсируется с помощью добавочной воды, в которую автоматически вводится буферный раствор с NaOH для предотвращения коррозии.

Вторичный контур снимает тепло из первичного контура с помощью теплообменников и передает воду для использования. Если нет необходимости в утилизации энергии, можно использовать многосекционную воздухоохлаждающую систему для снятия тепла из системы. Для того чтобы избежать замерзания, смесь воды с гликолем циркулирует через теплообменники “жидкость-воздух”.

Система поставляет охлаждающую воду через сотни распылительных форсунок, расположенных над корпусом печи, поддерживая его температуру на уровне 80-100°C, в то время как температура воздухоохлаждаемого стального корпуса обычно составляет несколько сотен градусов. Охлаждение вращающейся печи повышает теплопередачу через огнеупорную футеровку, достаточную для снижения уровня химической эрозии до минимума. В печи можно использовать повышенные температуры.

Основная выгода от водяного охлаждения вращающихся печей состоит в том, можно использовать более высокие температуры, когда это требуется (см. преимущества в разделе 4.1.2.16).

Интенсивность теплопередачи через печь в первичный контур охлаждения возрастает. В соответствии с теоретическими расчетами и практическими измерениями на примере установок теплопередача через печь в охлаждающую воду варьируется от 0,5 до 3 МВт, в зависимости от размера вращающейся печи толщины огнеупорной кладки. Эта толщина включает в себя остающуюся кирпичную футеровку и отвердевший слой шлака. Например, в 1995 г. сообщалось о средней утилизации тепла в Дании порядка 2,2 МВт.

Этот способ применим к вращающимся печам для сжигания отходов с повышенной теплотой сгорания. Он применяется главным образом на установках для опасных отходов, но может также иметь широкое применение для других отходов, сжигаемых во вращающихся печах. Способ особенно пригоден для установок, на которых требуются высокие температуры для деструкции определенных типов отходов.

Сообщают, что водоохлаждаемые печи позволяют продлить срок огнеупорной футеровки для отходов минерального происхождения с низкой температурой плавления.

Когда система объединяется с высокотемпературной печью, расход воды должен быть высоким для достижения достаточной теплопередачи. Это должно привести скорее к большему количеству теплой воды, чем к меньшему количеству горячей воды. Поэтому способ с большей вероятностью применим к процессам, для которых требуется теплая вода.

#### ***4.1.2.16 Сжигание при повышенной температуре (с выпуском шлака)***

Этот способ чаще всего применяется в Европе для вращающихся печей для обезвреживания опасных отходов. Однако принцип работы при повышенных температурах может в определенной степени применяться к печам других типов. Например, повышенные температуры иногда используются в печах с кипящим слоем, принимающих неопасные отходы (см. раздел 4.1.2.26 и 4.1.2.27).

Опасные отходы, как твердые, так и жидкие подаются в технологический процесс через переднюю стенку вращающейся печи. Во вторичную камеру сгорания инжектируются только вторичный воздух и сточные воды.

Температура сжигания повышается до 1100-1400°C в течение двух секунд, так как все отходы с высокой теплотой сгорания проходят через переднюю стен-

ку печи. Это означает, что температуры дымовых газов остается выше 1050°C до тех пор, пока они не пройдут через выход вторичной камеры сгорания. Затем они поступают в котел-утилизатор и в конечном итоге проходят через систему очистки дымовых газов.

Сообщалось, что сжигание при высокой температуре 1100-1400°C обеспечивает следующие преимущества по сравнению со сжиганием при более низкой температуре (850-900°C):

- все органические материалы полностью сгорают. Содержание органического вещества в шлаке обычно бывает ниже 1%
- более низкое содержание углеводов и СО в дымовых газах
- повышенный уровень разрушения молекул РСВ
- во вращающейся печи образуется расплавленный шлак.

Шлак после быстрого охлаждения в воде становится тонко измельченным, остеклованным и обладающим низкими характеристиками выщелачивания. Его можно утилизировать или направлять на полигон.

Железо, стекло, алюминий и другие органические твердые материалы из расплавленной образуют смесь шлака во вращающейся печи при сжигании при высокой температуре. Эта расплавленная смесь затем медленно стекает в направлении выхода из печи, где она падает в закалочный бассейн шлака, расположенный под вторичной камерой сгорания. Здесь шлак быстро отвердевает в воде и становится тонко измельченным и остеклованным. Вследствие эффекта грануляции, общий объем образующегося шлака меньше, чем при обычном сжигании.

В зависимости от испытаний на выщелачиваемость или других местных применяемых норм, шлак, образующийся в результате сжигания при высокой температуре, можно классифицировать как неопасный материал. Это может снизить затраты на размещение, так как затем шлак можно транспортировать на обычный полигон (в определенных условиях), или даже продавать для использования в дорожном строительстве. При использовании в строительстве общее содержание тяжелых металлов должно быть низким, а воздействие можно оценивать путем сравнения с другими материалами, обычно используемыми для этой цели.

Повышенные температуры требуют огнеупорной футеровки хорошего качества. Кроме того, в течение работы печи надо управлять постоянным слоем шлака.

Кроме того:

- может потребоваться подогрев воздуха для горения
- необходимо снижать количество воздуха для горения
- мембранные стенки котла-утилизатора необходимо удалить или защитить огнеупорами
- проблемой может стать высокотемпературная коррозия
- расплавленный шлак может вызвать эксплуатационные проблемы в печи и в местах установки теплообменников.

Низкие уровни остаточных углеводородов и СО зависят от сочетания смешения дымовых газов (турбулентность), времени пребывания и температуры. Сообщалось, что температуры в диапазоне 900-1000°C позволяли достичь очень высоких уровней деструкции, сходных с теми уровнями, которые достигаются при повышенных температурах, рассмотренных здесь. Важное влияние, как полагают, оказывает подача гомогенных отходов. Следовательно, только одна высокая температура не является высокой гарантией полного сжигания газа (т.е. низкие уровни СО и летучих органических соединений). Кроме того, при повышенной температуре выше скорость газа, таким образом, уменьшается время пребывания – поэтому важным является общее сочетание параметров.

Применение главным образом во вращающихся печах для сжигания опасных отходов с высокой теплотой сгорания, например, таких, которые включают различные растворители и отработанные масла.

#### **4.1.2.17 Повышение перемешивания и времени пребывания отходов в печи**

Отходы, подаваемые в печь, должны быть хорошо смешаны и должно быть для них достаточное количество времени для реагирования и обеспечения полного сгорания, тем самым, с получением остатков с низким содержанием органического углерода. Кроме того, подача достаточного и хорошо распределенного первичного воздуха, который не вызовет чрезмерного охлаждения, будет помогать этому процессу.

Более длительное воздействие отходов повышенным температурам в камере сгорания, повышенные температуры слоя и физическое перемешивание отходов – все вместе это обеспечивает, что в образующейся золе будет мало органических соединений.

Степень полноты сгорания, поэтому, можно повысить с помощью:

- печей, в которых отходы эффективно переворачиваются и перемешиваются
  - использования вращающихся печей
  - предварительной обработки отходов и использования затем кипящего слоя (когда отходы годятся для этой технологии)
  - более длительного времени пребывания в зонах полного сгорания печи
  - конструкции печи для отражения теплоты лучеиспускания и повышения полноты сгорания
    - оптимизации распределения и подачи первичного воздуха
    - добавки других отходов/топлив для содействия эффективному сжиганию
    - разрушения крупных частей отходов
    - возврата отсева (остатков) для повторного сжигания.

Использование этих приемов может привести к снижению содержания уровней органического углерода в золе ниже 1%.

Достижимый уровень полноты сгорания с использованием любого способа

будет зависеть от характеристик сжигаемых отходов. Физические характеристики отходов также оказывают решающее влияние на целесообразность подачи типа отходов в камеры сгорания различной конструкции, например, смешанные ТБО нельзя сжигать в кипящем слое без предварительной обработки.

Обычно лучшая степень полноты сгорания будет достигаться, когда отходы мелкоизмельченные и гомогенные (например, с помощью смешивания). Предварительная обработка в высокой степени гетерогенных отходов может повысить степень полноты сгорания.

Эффективное достижение полноты сгорания приводит к:

- эффективной деструкции отходов
- улучшенным характеристикам твердого остатка для возможного использования
- повышенной утилизации энергетической ценности отходов.

Чрезмерное механическое перемешивание отходов может привести к повышенным количествам несгоревшего материала, попадающего в камеры вторичного сгорания. Это может привести к дополнительной нагрузке по пыли и другим загрязняющим веществам для системы газоочистки. Кроме того, чрезмерное перемешивание МОЖЕТ привести к большему количеству отсева, т.е. несгоревшего материала, проходящего через решетку.

Следует отметить, что в то время как некоторые технологии могут дать лучшее перемешивание с результатом большей полноты сгорания, и, следовательно, меньшим количеством несгоревшего вещества в образующихся остатках, они обычно не подбираются специально по этим причинам, но главным образом выбираются на основе их механической пригодности к физическим характеристикам принимаемых отходов, т.е. однородность отходов и т.д.

На австрийских мусоросжигательных заводах сообщали об уровнях, достигнутых для стабильного процесса, составивших 1% общего органического углерода (по сухому веществу) и около 3% общего органического углерода (по сухому веществу) для пуска и останова.

Природа принимаемых отходов может ограничить выбор реальной технологии сжигания (т.е. кипящий слой или колосниковые решетки и т.д.), и, следовательно, ограничить способность оператора проводить выбор между технологиями. Однако принцип возрастающего перемешивания и удержания отходов в печи в течение достаточного времени применим ко всем случаям. Поэтому каждая выбранная технология может пройти проверку с помощью описанных здесь вариантов для повышения степени полноты сгорания.

В новых проектах можно учитывать необходимость обеспечения эффективной полноты сгорания без значительных дополнительных затрат.

Существенная реконструкция камер сгорания на существующих установках дорога. Поэтому модернизация может быть возможна только, когда планируется полное переоборудование (если только не будет достигнут минимальный установленный по закону стандарт в 3% общего органического углерода).

Основными движущими силами для внедрения являются:

- улучшение деструкции отходов
- улучшение возможностей для использования остатков
- утилизация полной энергетической ценности отходов.

Статья 6 Директивы 2000/76/ЕС требует, чтобы шлак имел содержание общего органического углерода менее 3% или потери при прокаливании менее чем 5% по сухому весу материала.

#### ***4.1.2.18 Регулирование производительности для поддержания хорошего сгорания и условий сжигания***

Уровень полноты сжигания, достигаемого для шлака, является параметром, рассматриваемым при определении ограничений на производительность процесса при определенном поступлении отходов.

Уровни общего органического углерода выше 3% (5% потери при прокаливании – п.п.п.) запрещены европейским законодательством. Уровни ниже 1% достигаются в некоторых обстоятельствах (см. раздел 4.1.2.17).

Для данного диапазона характеристик отходов тепловая мощность камеры сгорания является скорее ограничивающим фактором, чем массовый расход. Превышение тепловой мощности установки приводит к нарушению режима сжигания и качества образующихся остатков.

Поддержание процесса в пределах тепловой мощности процесса гарантирует надлежащую деструкцию отходов и то, что образующиеся остатки будут лучшего качества, с улучшенными возможностями их использования.

Использование описанного приема позволяет избежать воздействий между средами.

Уровни полноты сгорания можно повысить с помощью увеличения времени пребывания отходов в печи. Тогда это приводит к снижению производительности установки.

#### ***4.1.2.19 Оптимизация времени, температуры, турбулентности газов в зоне сжигания и концентрации кислорода***

Для достижения эффективного сжигания газов, образующихся в течение процесса сжигания, газы должны быть хорошо смешаны с достаточным количеством кислорода, при достаточно высокой температуре и в течение достаточного периода времени. На основе этих принципов и практического опыта установок для сжигания в промышленном масштабе были установлены минимальные критерии в европейском и национальных законодательствах. Целью этих критериев является гарантия того, чтобы процессы проектировались и эксплуатировались таким образом, чтобы образующиеся газы окислялись и чтобы органические загрязняющие вещества подвергались деструкции, для того чтобы снизить выбросы этих загрязняющих веществ.

Ниже в табл. 4.1.9 приведено краткое резюме некоторых технических требований, которые применяются к сжиганию газов, которые образуются в течение процесса сжигания.

Таблица 4.1.9 НЕКОТОРЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ К СЖИГАНИЮ ОТХОДОВ

Параметр	Технические требования	Цель
Минимальная температура сжигания в течение времени пребывания газа	<ul style="list-style-type: none"> <li>по крайней мере, 850°C, или</li> <li>по крайней мере, 1100°C для опасных отходов более чем с 1% галогенированными органическими веществами (как Cl)</li> </ul>	достаточные температуры для возможности окисления
Минимальное время пребывания газа	• 2 с после последнего инжектирования воздуха для сжигания	• достаточное время пребывания при достаточно высокой температуре при наличии достаточного количества кислорода для реагирования и окисления
Турбулентность	• Достаточная для обеспечения эффективного смешения газа и реакции горения	• смешение газа для возможности реакций, проходящих по всему потоку газа
Концентрация кислорода (избыток)	• больше чем 6% (отметим, что точные требования к кислороду были удалены в большей части последнего законодательства ЕС)	• должно быть поставлено достаточное количество кислорода для возможности окисления

Опыт эксплуатации демонстрирует, что эти критерии обычно являются подходящими и позволят достичь хороших уровней деструкции отходов. Однако многие существующие установки работают с более низкими температурами, временем пребывания и концентрациями кислорода и все-таки достигают эффективного сжигания и низких выбросов и сбросов во все системы окружающей среды. В самом деле, на некоторых установках было достигнуто снижение выбросов  $\text{NO}_x$  (в частности) без значительного нарушения других эксплуатационных параметров или проблем с коррозией.

Поэтому возможно, в некоторых обстоятельствах и для некоторых типов отходов, что отклонение от этих базовых критериев не является отклонением от оптимального экологического результата. Если такие отклонения будут разрешены, необходимо рассмотреть следующие аспекты для обеспечения общих эффективных показателей:

- низкие и устойчивые концентрации CO в выбросах в воздух (<50 мг/м<sup>3</sup> среднесуточное)
- полное сгорание шлака с получением хорошего качества (общий органический углерод <3%)
- выгоды перевешивают риски (например, достигается значительное снижение выбросов  $\text{NO}_x$ )
- будут ли отходы (как сырье) в достаточной степени однородны, совместимы и качество будет гарантировано для подтверждения того, что деструкция загрязняющих веществ будет достаточной по всему спектру эксплуатационных режимов?
- будет ли уровень турбулентности в зоне горения достаточным для возможности снижения температуры/времени пребывания?

Время пребывания в значительной степени зависит от размера печи, и, поэтому, имеется несколько вариантов для увеличения времени пребывания, как

только установка была построена, если только не будет проводиться модернизация, которая может привести к очень значительным издержкам. Обычно новые установки проектируются для обеспечения времени пребывания две секунды или более, за исключением того, когда будут сжигаться в условиях жесткого контроля гомогенные потоки отходов, тем самым, предусматривая возрастающую достоверность достижения уровней выбросов.

Потенциальные выгоды от снижения минимальной концентрации кислорода и минимальных уровней температуры таковы:

- снижение образования  $\text{NO}_x$ , и, следовательно, требований к обработке и (или) выбросам
- снижение объемов дымовых газов, что может привести к снижению требований к газоочистке
- повышение энергоэффективности.

В общем, снижение времени пребывания газа само по себе не приведет к каким-либо особым выгодам для окружающей среды, но результат будет для небольшой камеры сгорания.

Повышение турбулентности газа улучшает смешение, и, следовательно, скорость реакции окисления, что приводит к эффективному сжиганию. Однако, когда турбулентность достигается главным образом с помощью инъекции вторичного воздуха, требуется равновесие, которое необходимо также для предотвращения чрезмерной подачи воздуха, что может привести: к избыточному охлаждению или избыточной подачи азота с воздухом, что может повысить образование  $\text{NO}_x$ .

Уменьшение времени, температуры, кислорода и турбулентности может привести к росту выбросов продуктов неполного сгорания, если указанные уменьшения достигнут такой степени, что сгорание станет неполным. Эти риски становятся больше, когда отходы (как подаваемый материал) являются гетерогенными, различного состава, или когда трудно обеспечить качество отходов.

Концентрации выбросов  $\text{N}_2\text{O}$  (закиси азота) (и, следовательно, воздействия глобального потепления) возрастают при пониженных температурах горения. Уровни  $\text{CO}$  также могут возрасти при более низких температурах.

Использование более высоких температур, чем необходимо для деструкции сжигаемого типа отходов, обычно приводит только к небольшому снижению количества продуктов неполного сгорания в неочищенных дымовых газах – после очистки газов относительная выгода будет даже меньше. С другой стороны, более высокие температуры могут привести к значительному росту образования  $\text{NO}_x$ . Поэтому, если только не предполагается некоторые другие определенные выгоды для окружающей среды (например, улучшение качества остатков при использовании шлакоковывающих или гарантированной высокой эффективности деструкции PCBs), уменьшение некоторых выбросов в воздух, достижимое с помощью использования повышенных температур, может быть перевешено воздействиями между средами в виде дополнительного потребления топлива, образования  $\text{NO}_x$  и т.д.

Пример: Сжигание осадков сточных вод в барботирующем кипящем слое.

Ниже в табл. 4.1.10 показано отношение между выбросами закиси азота и температурами процесса на установке с барботирующим кипящим слоем, в котором сжигаются осадки сточных вод. Следует отметить, что сжигание в кипящем слое очень отличается от сжигания на колосниковых решетках, и что выбросы закиси азота с установки для сжигания ТБО на колосниковой решетке с температурой в камере вторичного сгорания выше 900°C обычно пренебрежимо малы.

**Таблица 4.1.10 СООТНОШЕНИЕ МЕЖДУ ВЫБРОСАМИ ЗАКИСИ АЗОТА И ТЕМПЕРАТУРАМИ ПРОЦЕССА ДЛЯ УСТАНОВКИ, СЖИГАЮЩЕЙ ОСАДКИ СТОЧНЫХ ВОД В БАРБОТИРУЮЩЕМ КИПЯЩЕМ СЛОЕ**

Диапазон температур в слое (°C)	Температура в шахте печи		
	930°C	910°C	890°C
	Выбросы закиси азота		
820-845	70	120	200
795-820	100	170	270
630-795	180	250	350

Концентрации закиси азота приведены в мг/м<sup>3</sup>.

Существует несколько различных методов для определения параметров времени и температуры для данной установки, в которых используются различные устройства для измерения температуры, размещенные в различных местах в котлах-утилизаторах с различными свойствами теплопередачи: измерения проводились при различных процентах нагрузки и в различное время по отношению к газоочистке установки. Эти методы связаны с уровнями точности. Несмотря на эти неопределенности, современные установки обычно демонстрируют соответствие с экологическими требованиями Директивы 2000/76/ЕС.

Пример: Установка для сжигания осадков сточных вод VERA, Гамбург, Германия.

Были проведены исследования на этой установке с кипящим слоем для демонстрации воздействий на выбросы использования пониженных температур и концентрации кислорода на стадии сжигания. Для кипящего слоя, как температура в слое, так и в шахте печи являются важными для эффективного сжигания.

Тип отходов :	Осадки сточных вод и продукты отсеивания
Производительность установки:	79000 т/г
Тип камеры сгорания:	Барботирующий кипящий слой
Температура горения (мин):	810°C (в шахте печи)
Концентрация кислорода (мин):	4%
Системы очистки:	Электрофильтры/скрубберы для HCl и SO <sub>2</sub> /рукавный фильтр

По результатам испытаний на этой установке были получены следующие данные/выводы:

- снижение температуры в шахте печи с 924 до 810°C незначительно изменяет выбросы PCDD/F (по сообщениям изменение было с 0,0005 нг/м<sup>3</sup> до 0,00008 нг/м<sup>3</sup>)

- снижение концентрации кислорода с 6,8% до 4% привело к снижению PCDD/F (с 0,0015 до 0,0005 нг/м<sup>3</sup>)
  - при температуре шахты печи ниже 890°C выбросы NO<sub>x</sub> были в диапазоне 30-40 мг/нм<sup>3</sup> и не зависели от изменений в температуре слоя в диапазоне от 730 до 845°C
  - повышение температуры шахты печи выше 890°C вызывало рост выбросов NO<sub>x</sub> – наиболее заметный эффект был при более высоких температурах в слое
  - при температурах в шахте ниже 900°C СНКВ оказывала малое воздействие на выбросы NO<sub>x</sub>
  - выбросы N<sub>2</sub>O были выше при более низких температурах в шахте печи и в слое (см. данные, приведенные в воздействиях между средами)
  - выбросы N<sub>2</sub>O почти не находились под воздействием использования СНКВ.
- Сообщается, что снижение уровней кислорода может привести к росту скоростей коррозии, требующих специальных мер противодействия.

Применимо главным образом на стадии проектирования для новых установок и для существующих установок, подвергаемых и планируемых для значительной модернизации камеры сгорания.

Применимо, когда имеются ограничения по размеру для камеры сгорания.

Менее применимо, когда отходы (как подаваемый материал) отличаются высокой степенью гетерогенности, различием состава, или когда трудно обеспечить качество отходов.

Существующие установки уже могут иметь время пребывания меньше двух секунд. Здесь может появиться возможность не проводить значительную (и дорогую) модернизацию с помощью сбора и сравнения реальных данных рабочих характеристик, относящихся к уровням продуктов неполного горения в неочищенном газе.

Оценены воздействия затрат, связанные с изменением этих параметров сжигания, по сравнению с обычными конструктивными значениями, как указано в следующей таблице 4.1.11.

**Таблица 4.1.11 ОЦЕНЕННЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЗАТРАТ ДЛЯ НЕКОТОРЫХ АЛЬТЕРНАТИВ С ПАРАМЕТРАМИ СЖИГАНИЯ**

Параметр	Рост или снижение параметра	Оцененное воздействие затрат
Температура сжигания	Рост	Дополнительные затраты на вспомогательное топливо вызывают рост затрат на обслуживание печи и могут снизить затраты на размещение ошлакованной золы, если продукт годен к продаже
	Снижение	Сниженная потребность во вспомогательном топливе может ограничить типы отходов, которые можно сжигать
Время пребывания газа	Рост	Более крупные печи = повышенные затраты могут расширить диапазон принимаемых отходов при изменении конструкции камеры сгорания (дорого)
	Снижение	Меньший процесс означает меньшие затраты – могут быть ограничения по приему отходов на сжигание

Параметр	Рост или снижение параметра	Оцененное воздействие затрат
Турбулентность	Рост	Изменение конструкции камеры сгорания дорого, увеличение инжекции воздуха повышает объемы дымовых газов и затраты на газоочистку
	Снижение	Технически нецелесообразно
Концентрация кислорода (избыток)	Рост	Повышенный избыток кислорода может расширить диапазон сжигаемых отходов без проблем с выбросами
	Снижение	Снижение объемов дымовых газов означает снижение затрат на газоочистку, но может ограничить типы сжигаемых отходов

В общем, наиболее значительные проблемы с затратами относятся к существующим установкам, на которых затраты на реконструкцию/модернизацию (которые уже достигли эффективных показателей по выбросам) с целью выполнения традиционных требований по температуре и времени пребывания будут очень большими.

Снижение образования  $\text{NO}_x$  и, следовательно, может быть достигнуто сокращение мер, требующихся для очистки дымовых газов. В случае очень подходящих отходов может появиться возможность достичь уровней выбросов  $\text{NO}_x$ , соответствующих требованиям Директивы ЕС без или при минимальной необходимости в специальных средствах контроля  $\text{NO}_x$  (например, СНКВ или СКВ).

Уменьшенное время пребывания газа и уменьшенные объемы дымовых газов (вследствие снижения подачи воздуха) означает, что можно использовать меньшего размера камеры сгорания и установки для очистки дымовых газов, а в результате сокращаются и затраты.

#### **4.1.2.20 Использование автоматически работающих вспомогательных горелок**

В течение пуска вспомогательные горелки используются для создания зоны выше требующейся минимальной температуры, через которую дымовые газы поступают в зону печи для вторичного горения. Это определяющий режим эксплуатации для конструкции горелки.

Для того чтобы обеспечить достаточную температуру в чрезвычайных условиях, устанавливаются вспомогательные горелки. Они используются, когда температура падает ниже требуемой минимальной температуры.

Когда установка отключается, вспомогательные горелки используются, когда температура падает ниже проектного предела печи, и температура оказывается ниже требуемого минимума. Они работают до тех пор, пока в камере установки для сжигания не окажется отходов.

Обеспечение того, чтобы температуры сжигания были достаточными при использовании автоматически работающих горелок, гарантирует, что образующиеся газы будут надлежащим образом сжигаться, снижая концентрации про-

дуктов неполного горения в неочищенных газах на выходе из печи, и, следовательно, выбросы и сбросы во все среды.

Пуск без вспомогательных горелок возможен, но более спокойный пуск со сниженным образованием сажи и лучшим контролем температуры достигается при пуске с горелками. Пуск без вспомогательных горелок на обычных мусоросжигательных заводах может привести к повышенному риску коррозии вследствие наличия хлора в отходах.

Применимо ко всем установкам для сжигания отходов, в особенности к принимающим отходы с низкой теплотой сгорания и (или) с несоответствующим качеством.

Затраты на модернизацию могут быть значительными вследствие трудностей с размещением горелок.

Затраты будут значительно выше при работе в периодическом режиме, хотя их можно считать соразмерными в связи с дополнительным риском выбросов, который сопровождает нештатный режим работы.

#### **4.1.2.21 Уменьшение количества отсева на колосниковой решетке и (или) возврат охлажденного отсева в камеру сгорания**

В установках для сжигания отходов с колосниковыми решетками отходы могут падать через решетку и частично сгорать. Они называются *отсевом*. Этот эффект можно уменьшить при обращении внимания на конструкцию колосниковой решетки. Количество и качество этого отсева зависит от конструкции решетки, от взаимодействия между движущимися частями отходов и стенками и механизмом их удержания.

Для того чтобы снизить проход отсева через колосниковую решетку, имеются следующие варианты:

- конструирование колосниковых решеток таким образом, чтобы расстояние между колосниками и другие факторы, которые могут способствовать проваливанию отсева, снижались
- когда количество отсева и его тип таковы, что это вызывает проблемы качества золы, организация повторного сжигания в камере сгорания.

Для сбора этого *отсева* используются автоматизированные конвейерные системы. Собранный материал обычно хранится для охлаждения перед повторным забрасыванием в бункер (для предотвращения риска пожара). Часть повторно вводимого отсева проходит через решетку и сгружается со шлаком. Этот отсев должен подвергаться процессу полного сжигания, и, поэтому, является по своей природе стерильным.

Это может быть особой проблемой, когда имеются медицинские или другие отходы с риском инфекции, в особенности те, которые являются мелкоизмельченными, или в которых содержатся небольшие объекты, которые могут сваливаться через решетку (например, иглы для подкожных инъекций), которые совместно сжигаются с другими отходами.

Отсев, который появляется при раннем проходе отходов через камеру сго-

рания, отличается повышенным риском сохранения инфицирующей способности, или характеризуется неполным сгоранием, поэтому, подлежит более тщательному контролю. Отсев, появляющийся на более поздних стадиях, может быть хорошо термически обработан, и, поэтому, должна быть меньше вероятность его повторного сжигания.

Основными выгодами для окружающей среды являются:

- большая степень полного горения отходов
- лучшее качество золы.

Отсев расплавленных капель от сжигания обычных пластмасс (находящихся в составе ТБО) типа полиэтилена и полиэтилентерефталата может вносить значительный вклад в общее содержание углерода в золе, в более высокий ХПК (химическое потребление кислорода) шлака и в значительное выщелачивание меди. Все эти параметры улучшаются при использовании предложенного метода.

Хранение отсева перед его повторным введением в основной поток отходов очень важно для предотвращения риска пожаров. Можно добавлять воду для обеспечения тщательного охлаждения.

Необходимо регулярное наблюдение для предотвращения засорения в местах сбора отсева под решетками, которое связано с рисками для оператора и персонала.

50

Во Франции установлены нормативные требования для дожигания шлака на мусоросжигательных заводах, в которых сжигаются также медицинские отходы, составляющие 3% п.п.п., что обычно достигается без повторного сжигания отсева.

В принципе, применимо ко всем установкам с колосниковыми решетками, но в особенности к таким установкам с колосниковыми решетками:

- для которых существуют особые проблемы или требования, относящиеся к более полному сгоранию
- в которых медицинские или другие инфицированные отходы сжигаются совместно и которые могут проходить через решетки
- в которых существуют большие зазоры между колосниками, и образует-ся значительное количество отсева, или в других системах, в которых может быть относительно высокий уровень отсева.

Повышение качества степени сгорания золы может снизить затраты на размещение, когда нынешний уровень дожигания золы не соответствует требованиям повторного использования/размещения без указанного приема. Могут появиться значительные инвестиционные затраты в связи с модернизацией существующих установок и дополнительными эксплуатационными затратами.

#### **4.1.2.22 Защита мембранной сетки котла-утилизатора и радиационной секции огнеупорными материалами**

Конструкция представляет собой мембранные стенки (называемые также

“топочным экраном”), состоящие из рядов вертикальных труб, соединенных с помощью полос, сваренных вместе, для того чтобы образовался экран, который является частью испарительной секции котла-утилизатора. В нижней секции печи, в особенности мембранные сетки должны быть защищены от коррозии и абразивного действия дымовых газов, которые еще не полностью сгорели в этом месте. С этой целью стенки печи в нижней секции покрыты слоем керамического огнеупорного материала или другого защитного материала. Дополнительным преимуществом этой защиты стен для отходов с низкой теплотой сгорания является уменьшение теплопередачи в котел-утилизатор, что полезно, когда необходимо поддерживать температуру.

В большинстве современных установок для сжигания отходов весь котел-утилизатор, за исключением экономайзера, состоит из экранных труб. В паровых котлах эти трубы являются частью испарителя.

При отсутствии экранов охлаждение иногда осуществляется с помощью циркуляции воздуха сзади огнеупорных плит, часто нагретым воздухом, который затем используется для подогрева первичного воздуха.

Роль огнеупоров состоит в снижении теплопередачи и защите труб от чрезмерного тепла и коррозии. Они установлены внутри печи/котла-утилизатора; снаружи печи/котла-утилизатора имеется материал в виде тепловой изоляции.

В случае отходов с высокой теплотой сгорания температуры сжигания обычно достигаются без проблем. Основные цели керамического огнеупорного слоя, поэтому, состоят в защите стенок печи от высокотемпературной коррозии и в предотвращении слишком быстрого снижения температуры. При более высоких параметрах пара и в случае отходов с высокой теплотой сгорания большая часть стенок печи должна быть покрыта керамическим огнеупорным материалом. Альтернативным решением является использование специальных покрытий из антикоррозионного сплава, например, хромоникелевых, на котельных трубах для защиты их от коррозии – у них выше коэффициент теплообмена (см. раздел 4.1.3.8), чем у альтернатив из керамических огнеупоров.

Были разработаны способы для предотвращения образования отвержденных отложений золы в печи. Они включают в себя:

- охлаждение боковых стенок печи, которое снижает температуру золы, вследствие чего зола отверждается до того, как она достигнет стенок печи
- конструирование печи с пониженной удельной тепловой нагрузкой (большие размеры для той же тепловой мощности).

Большой коэффициент использования установки означает, что дополнительные риски выбросов, связанные с пуском и останом, снижаются.

Сохраняющееся тепло, образующееся при сжигании в печи, будет снижать потребность во вспомогательном топливе для отходов с пониженной теплотой сгорания, таким образом, содействуя более устойчивому сжиганию и снижению выбросов со стадии сжигания.

Использование водо- и воздухоохлаждаемых стенок позволяет:

- утилизировать тепло
- снизить температуру газа, что снижает адгезивность летучей золы, и, следовательно, повышает коэффициент использования котла-утилизатора и эффективность теплопередачи
- снизить добавку вторичного воздуха (когда он добавляется для охлаждения газа), что приводит к снижению объемов дымовых газов, снижению требований к оборудованию для очистки дымовых газов, и, возможно, к снижению концентрации оксидов азота в неочищенном газе.

Этот способ применяется главным образом к муниципальным установкам для сжигания с колосниковыми решетками.

Повышение защиты котельных труб с помощью огнеупорной футеровки ближе к зоне первичного горения применяется главным образом, когда:

- в случае отходов с низкой теплотой сгорания требуется дополнительное удержание тепла в зонах первичного горения
- высокая нагрузка по хлору вызывает рост дополнительных проблем коррозии
- высокая температура сгорания повышает проблемы коррозии.

Повышенный коэффициент использования установки приводит к снижению эксплуатационных затрат.

Изменение конфигурации печи на существующих установках нецелесообразно вследствие высоких затрат.

#### ***4.1.2.23 Использование низких скоростей газа в котле-утилизаторе и включение радиационной секции перед конвективной секцией котла-утилизатора***

Печи для сжигания отходов обычно проектируются достаточно большого размера, для обеспечения низких скоростей газа и длительного времени пребывания. Это дает возможность полного сгорания горючих газов и предотвращает котельные трубы от обрастания с помощью:

- снижения содержания летучей золы в дымовых газах
- возможности снижения температуры дымовых газов перед вступлением их в контакт с теплообменными пучками.

Обрастание теплообменника можно также снизить с помощью включения радиационной секции (например, топочные экраны без преград в газовом тракте) между основной площадью печи и теплообменными пучками, что дает возможность снизить температуру газа, и, следовательно, снизить адгезивность летучей золы. Используются температуры ниже 650°C перед конвективным пароперегревателем для снижения адгезии золы к котельным трубам, и, таким образом, для предотвращения коррозии.

Снижаются выбросы органических веществ от стадии сжигания.

Улучшается теплообмен в котлах-утилизаторах благодаря уменьшению отложений на котельных трубах. Это может привести к повышению утили-

зации энергии.

Снижение отложений в котельных трубах приводит к увеличению коэффициента использования процесса и увеличению теплообмена.

#### **4.1.2.24 Определение теплоты сгорания отходов и использование ее в качестве параметра регулирования горения**

Флуктуации характеристик отходов являются более выраженными для некоторых типов отходов (например, необработанные ТБО, некоторые опасные отходы), и это означает, что масса и объем являются менее надежными параметрами для контроля. Разработаны способы, основанные:

- на ретроспективном анализе параметров технологического процесса (не прогнозный метод)
- на расчете массового баланса на основе концентраций  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$  в дымовых газах (т.е. не прогнозный метод, основанный на измерениях на выходе) и поступающих отходов (средние значения с использованием, например, крановых весов) или на других небольших оцененных тепловых потоках
- на использовании микроволнового оборудования для оценки влагосодержания отходов в загрузочной воронке
- на цвете отходов и размерах, связанных с выходными сигналами с установками с помощью нечеткой логики.

Улучшенный контроль сжигания приводит к снижению выбросов со стадии сжигания.

Знания о теплоте сгорания поступающего топлива полезны в том отношении, что они позволяют оптимизировать подачу воздуха или другие важнейшие параметры, который контролируют эффективность сжигания. В случае гетерогенного топлива массу и объем поступающего потока топлива можно использовать в качестве дополнительного параметра контроля. Контроль качества отходов может быть частью контракта на поставку.

Этот способ можно использовать в качестве диагностического инструмента или (с оперативными методами) для контроля процесса, например, при сжигании гетерогенных отходов на мусоросжигательном заводе.

#### **4.1.2.25 Горелки с низкими выбросами $\text{NO}_x$ для жидких отходов**

Горелки с низкими выбросами  $\text{NO}_x$  являются средством, которое используется при сжигании жидких отходов в камере сгорания таким образом, что температура в головке сопла снижается, и, поэтому, снижается образование термических  $\text{NO}_x$ . Описание горелок с низкими выбросами  $\text{NO}_x$ , используемых для обычных топлив приведено в Справочном документе НДТ (крупные установки для сжигания) (примечание: для них может потребоваться специальная реконструкция для использования с отходами).

Имеется относительно небольшое количество примеров, когда горелки с низкими выбросами  $\text{NO}_x$  успешно использовались с отходами. Требуется

особое внимание для обеспечения достаточной эффективности сжигания (с отходами). Этот способ применим только к определенным потокам жидких отходов. Он может годиться для некоторых жидких опасных отходов.

Установка горелок с низкими выбросами  $\text{NO}_x$  в течение стадии строительства поможет в снижении образования оксидов азота и в то же время немного возрастут капитальные затраты. Затраты на адаптацию таких горелок для существующих установок, однако, могут быть высокими.

#### **4.1.2.26 Газификация в кипящем слое**

Технология связана с использованием кипящего слоя (см. 4.2.3.3) в условиях газификации (см. 4.2.3.4).

В кипящем слое инертный материал типа песка подогревается до температуры реакции и удерживается в псевдооживленном состоянии с помощью потока газов, т.е. обычного воздуха или пара. В циркулирующем кипящем слое материал слоя вводится в реактор вследствие высокой скорости газа, собирается в циклоне и возвращается. В барботирующем кипящем слое скорость газа ниже, так что материал слоя движется только в реакторе.

Процесс газификации может проходить при высоких или низких температурах. При низкой температуре газификации отходы нагреваются в кипящем слое до температуры реакции обычно в диапазоне от 500 до 600°C, а в системах с высокой температурой – от 800 до 1000°C. Они поставляются при субстехиометрических уровнях кислорода для газификации. Образующийся на стадии газификации синтез-газ обычно затем подается на стадию сжигания, но в некоторых обстоятельствах он может быть очищен для использования в качестве химического сырья.

В некоторых случаях синтез-газ очищается перед его сжиганием, в других – нет. Это зависит от содержания отходов и выбранного варианта сжигания/генерации. Однако в большей части материалов отходов содержится хлор и другие загрязняющие вещества, которые должны удаляться из газа перед сжиганием. Системы очистки синтез-газа основаны на мокрых скрубберах и рукавных фильтрах.

По сравнению со сжиганием газификация имеет следующие характеристики:

- при более низкой температуре реакции металлы (например, железо, медь, алюминий или латунь), содержащиеся в отходах, не спекаются, окисляются или плавятся, поэтому, когда отделяются от золы/материала слоя, они могут иметь высокую ценность для рециклинга
- образуется газ с теплотой сгорания и химическим потенциалом, который можно использовать для различных вариантов рециклинга или утилизации
- горючий газ можно сжигать сам по себе, а образующуюся энергию использовать для ее утилизации
- сжигание газа в специальных условиях было использовано для плавки золы (остекловывания), с образованием продукта с низкой выщелачиваемостью (см. 4.1.2.27)

- разделение стадий газификации и сжигания может позволить усовершенствовать процесс контроля и привести к более стабильному общему процессу сжигания

- более низкие объемы дымовых газов и, следовательно, улучшение условий для их очистки может привести к использованию более низкого коэффициента расхода воздуха.

По сравнению с системой с колосниковыми решетками размеры частиц отходов не могут быть выше 300 мм, для чего обычно требуется некоторое количество энергии для измельчения, и это может оказать воздействие на коэффициент использования установки. В то время как в процессе с кипящим слоем образуется меньше шлака с меньшим содержанием мелких частиц, образуется больше летучей золы, в отношении которой требуется особое внимание, если она не остекловывается.

Требуется управление удалением смолы и других загрязняющих веществ на любых стадиях очистки синтез-газа. В случае использования мокрого скруббера образуются стоки, при очистке которых появляется смолистый остаток, который затем требуется удалять. При очистке сухого синтез-газа также будут накапливаться примеси, требующие удаления. В некоторых случаях смолистые остатки, которые имеют теплоту сгорания, поставляются в другие отрасли промышленности в качестве топлива из отходов (информация, относящаяся к критериям приемлемости/контролю выбросов, принятым в этих внешних отраслях промышленности, не представлена).

Когда требуются шредеры для приготовления отходов, могут быть некоторые трудности с блокировкой и т.д.

Обычно в случае кипящего слоя достигается хорошее смешение отходов и очень равномерное распределение температуры в реакторе. Благодаря наличию зоны реакции с высокой турбулентностью и высокому теплосодержанию материала слоя, кипящий слой обладает низкой чувствительностью к изменениям физических и термических свойств отходов.

Барботирующий кипящий слой имеет преимущество большого объема реакции без движущихся частей, поэтому, можно подвергать газификации относительно крупные куски отходов (до 30 см в диаметре).

Тематическая рабочая группа Справочного документа НДТ сделала следующие дополнительные эксплуатационные комментарии:

- если в отходах имеются куски металла, они могут нарушить баланс и накапливаться, создавая эксплуатационные проблемы

- трудности могут встретиться при поиске рынка для полученного синтез-газа, ограничивая варианты для химической утилизации

- может отсутствовать рынок для образующейся золы или лучшим вариантом станет ее улучшение (улучшение качества золы может быть связано с гомогенизацией отходов на стадии измельчения и (или) соединением со способами с высокотемпературной стадией сжигания после газификации).

Основное ограничение на использование газификации в кипящем слое связано с необходимостью в отходах, пригодных для подачи в кипящий слой, или легко поддающихся обработке, для того чтобы их можно было подать в кипящий слой. Отходы, которые подавались в такие системы, включают в себя: предварительно обработанные (измельченные) ТБО, остатки после шредера, отходы пластмасс и другие промышленные отходы подходящего размера или такие, которые можно измельчить до подходящего размера. Масла и другие жидкости, костная мука, осадки и шлаки являются подходящими отходами в смесях с другими компонентами.

В Европе, хотя и есть применение для некоторых селективных потоков отходов, на практике технология (во время написания документа) еще не была продемонстрирована в полном эксплуатационном масштабе для многих потоков отходов.

Сообщается, что инвестиционные затраты выше, чем для обычного сжигания на колосниковых решетках, например, 20 млрд. японских иен (приблизительно 160 млн. евро) было затрачено в 2002 г. на установку с производительностью 120000 т/год по ТБО. Затраты включали затраты на строительство, а затраты на всю установку включали: шесть линий для измельчения отходов (шредеры), плавления летучей золы (см. 4.1.2.27), очистку дымовых газов, встроенные офисы, плавательный бассейн и спа-комплекс (физиотерапия). В затраты не включена покупка земли.

При работе с воздухом, при атмосферном давлении и умеренных температурах газификаторы в кипящем слое являются более экономичными в строительстве и эксплуатации, чем другие технологии газификации, применяемые для отходов.

Поступления от доходов ожидаются для материалов, направляемых на рециклинг. Металлы, утилизируемые после газификатора, должны быть дезинфицированы и не требовать очистки (см. удаление после стадии измельчения), и могут продаваться с большей ценой, чем те металлы, которые утилизируются после сжигания на установках с колосниковыми решетками, благодаря более низкому уровню расплавления и окисления (когда они удаляются при низкой температуре). Рынки для использования остеклованной золы могут быть лучше, чем для шлака от колосниковых печей вследствие улучшенных свойств полученного материала. Этот случай относится к Японии, но такое редко происходит в Европе.

Встречались трудности со стадиями измельчения, которые требуются для приготовления ТБО для кипящего слоя. Поставка большого количества линий для измельчения может помочь в снижении риска потерь из-за коэффициента использования, но, в свою очередь, поставка такого дополнительного оборудования станет значительной добавкой к затратам.

Следующие факторы содействуют внедрению этой технологии:

- отходы в диапазоне размеров, требующихся для кипящего слоя, или отходы, которые относительно легко обрабатываются для соответствия техническим требованиям

- отходы с высокой теплотой сгорания
- требования для остатков с очень низким выщелачиванием (такие остатки образуются, когда эта технология сочетается со стадий вторичной плавки золы – см. раздел 4.1.2.27), либо наличие рынков рециклинга или ограничения на участки размещения
  - повышенная ценность рециклинга металлов, удаляемых из газификатора, которые можно реализовать
  - наличие благоприятных рынков для использования синтез-газа в качестве химического сырья.

Имеется несколько примеров в Японии для ТБО, осадков сточных вод, остатков после шредера, отходов пластмасс и отдельных промышленных отходов.

Имеется действующий пример в Европе (Испания) с обработкой некоторых отходов пластмасс. На установке используется газификация в кипящем слое в сочетании с очисткой синтез-газа перед его сжиганием в газовом двигателе с производством электроэнергии. Смолы и другие загрязняющие вещества удаляются на стадии очистки синтез-газа.

Имеются сообщения, что в ходе опытов в Германии (KWU-Schwelbrennverfahren, Thermostelect, Noell-Konversionsverfahren) по использованию пиролиза/газификации встречались трудности при достижении проектной производительности, и что затраты на переработку возрастали.

В г. Лахти, Финляндия, с 1998 г. был успешно сдан в эксплуатацию газификатор в кипящем слое с мощностью 50-60 МВт на топливе из отходов. Газ, полученный при газификации, сжигается совместно с антрацитом на установке комбинированной выработки тепловой и электрической энергии, заменяя около 15% основного ископаемого топлива. Газификатор в барботирующем кипящем слое мощностью 50 МВт, работающий на отходах пластмасс, содержащих 10-15% алюминиевой фольги, был сдан в эксплуатацию в г. Варкаус (провинция Восточная Финляндия) на целлюлозном комбинате в 2001 г. Часть отходов пластмасс представляет собой брак от процесса рециклинга волокон тары из-под жидкостей. Металлический алюминий утилизируется из газа, образующегося при материальном рециклинге. Газ сжигается в газовом котле, производящем технологическое тепло и пар для производства энергии.

#### **4.1.2.27 Высокотемпературное сжигание синтез-газа после газификации с плавкой золы**

Эта технология является расширением газификации в кипящем слое. Синтез-газ после процесса газификации и частицы золы с высоким содержанием углерода сжигаются в плавильной камере с нисходящим потоком. Воздух и (или) воздух, обогащенный кислородом, вводятся таким образом, что образуется циклонный поток, который сдвигает частицы золы к стенкам.

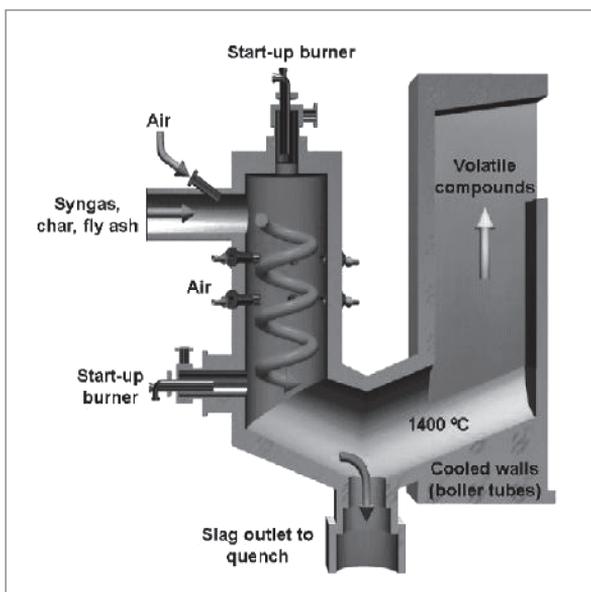


Рисунок 4.1.2 - Основные компоненты циклонной высокотемпературной плавильной печи на синтез-газе

Пояснения к рисунку:

Start-up burner – пусковая горелка

Air – воздух

Syngas, char, fly ash – синтез-газ, обуглившееся вещество, летучая зола

Volatile compounds – летучие соединения

Slag outlet to quench – спуск шлака в закалочную жидкость

Cooled walls (boiler tubes) – водоохлаждаемые стенки (котельные трубы).

Температура устанавливается таким образом, чтобы зола остекловывалась (около 1400°C) и проходила к спуску шлака. Вследствие высокой температуры галогены и летучие металлы типа свинца и цинка испаряются.

Стенки камеры для плавки золы имеют огнеупорную футеровку и охлаждаются с помощью испарительных труб котла-утилизатора. Таким путем огнеупоры покрываются защитным слоем шлака, и достигается утилизация тепла.

Сообщается о следующих выгодах:

- очень высокая деструкция органических компонентов при используемой высокой температуре
- остекловывание летучей золы приводит к образованию стабильного гранулята с низкой выщелачиваемостью (см. золу после колосниковых решеток) и с дополнительными возможностями рециклинга
- количество летучей золы, проходящей к остаткам от системы газоочистки, снижается, и, следовательно, снижаются сами остатки от газоочистки
- более низкий уровень загрязнения остатков от газоочистки с летучей золой может улучшить варианты очистки дымовых газов.

По сравнению с плавлением золы в отдельном, внешнем процессе встроенная система плавления золы является намного более эффективной с энергетической точки зрения, так как в данном случае это составная часть основного термического процесса, когда требующаяся высокая температура для остекловывания, имеется для производства пара.

Остекловывание требует высоких температур, и, следовательно, достаточного количества энергии для получения таких температур. При топливе с низкой теплотой сгорания температуру можно поддерживать с помощью добавки дополнительных топлив (например, природного газа или печного топлива) и (или) повышением подачи кислорода в камеру сгорания. Использование генератора кислорода приводит к дополнительным требованиям на электроэнергию, приблизительно 0,5-1 МВт, в зависимости от потребностей в кислороде.

Установки с использованием этой технологии находились в полной промышленной эксплуатации в Японии с 2000 г.

Охлаждение огнеупорных стенок дало возможность продлить срок службы огнеупоров. Исходя из нынешнего уровня эксплуатации, достаточно двух проверок огнеупоров в год.

Некоторая часть летучей золы повторно испаряется, и это требует особого внимания.

Дымовые газы могут обладать высокими коррозионными свойствами, и требуется их очистка для удаления этих загрязняющих веществ. Из-за коррозионной опасности могут быть сложности с утилизацией энергии.

Технология применима для установок газификации вместе с производством синтез-газа, когда желательная остеклованная летучая зола. Ограничения в отношении применимости этой технологии связаны с различными типами отходов, и, поэтому, они те же самые, что и в случае газификации в кипящем слое, когда для многих типов отходов требуется предварительная обработка перед тем, как их можно подавать.

Хотя технология применяется в Японии, она все еще не была продемонстрирована в полном масштабе в Европе.

Остекловывание золы, даже в случае интеграции с процессом приводит к росту затрат на обработку вследствие дополнительных инвестиций и эксплуатационных проблем. Итоговые общие экономические показатели зависят в значительной степени от экономии в результате рециклинга остеклованной золы.

Продукт используется в качестве строительного материала, и часто не будет возможности получения высокого дохода по сравнению с механически обрабатываемым шлаком.

Следующие факторы содействуют использованию остеклованной золы с применением этой технологии:

- высокие затраты на переработку/размещение летучей золы/остатков газоочистки
- высокие затраты на переработку/размещение шлака

- требования к остаткам с очень низкой выщелачиваемостью перед разрешением на повторное использование.

### **4.1.3 Утилизация энергии**

#### **4.1.3.1 Оптимизация общей энергоэффективности и утилизации энергии**

Установки для сжигания отходов могут выделять энергетическую ценность отходов и могут поставлять электроэнергию, пар и горячую воду. Когда установка расположена таким образом, что поставки и использование этой продукции можно довести до максимума, это позволит лучше использовать энергетическую ценность отходов.

Подвод энергии на установки для сжигания отходов связан главным образом с теплотой сгорания отходов, но может также поступать от дополнительных топлив, добавляемых для содействия процессу сжигания, а также от поставляемой энергии (электроэнергии).

Сама установка может использовать некоторое количество генерируемой энергии. Разница между вводимой и отдаваемой (используемой) энергией представляет собой потери. Часть этой (используемой) утилизируемой энергии может быть оценена. В общем, вся генерируемая электроэнергия имеет ценность, но в отношении пара или горячей воды эта ценность зависит от потребности в них потребителя; самые благоприятные ситуации бывают, когда потребители испытывают в них потребность в течение всего года большую, чем производит установка для сжигания (например, использование технологического пара или крупная районная отопительная сеть).

Оптимизация эффективности установки состоит в оптимизации всего процесса. Это включает снижение потерь и ограничение потребления для технологического процесса. Поэтому повышение количества вырабатываемой энергии не связано исключительно с эффективностью преобразования энергии, так как необходимо также рассмотреть энергию, требующуюся для самого процесса и возможность определения цены.

Технология оптимальной энергоэффективности зависит в определенной степени от конкретного расположения и эксплуатационных факторов. Примеры факторов, которые необходимо учитывать при определении оптимальной энергоэффективности, это:

Размещение. Имеется ли распределительная сеть энергии для пользователя или может быть предусмотрена?

Потребность в утилизируемой энергии. Едва ли целесообразно утилизировать энергию, которая не будет использоваться. Это особая проблема в случае тепловой энергии, но обычно это меньшая проблема с электроэнергией

Изменчивость спроса. Например, потребность в тепловой энергии летом/зимой будет разная. Установки, которые поставляют пар, как базовую нагрузку, могут достичь более высоких годовых поставок, и, следовательно, поставляют

больше утилизированного тепла, чем те установки, у которых изменяющиеся поставки, которые должны перейти на системы охлаждения в течение периодов низкого спроса.

**Климат.** В общем, тепловая энергия будет иметь большую ценность в условиях холодного климата (хотя использование тепловой энергии для привода воздухоохладителя может привести к вариантам, когда имеется спрос на охлаждение/кондиционирование воздуха)

**Надежность поставок топлива/энергии.** Изолированные установки могут сталкиваться с ненадежными поставками отходов (связанными со временем хранения и мощностями) или даже с перерывом поставок электроэнергии, которые могут привести к останову или большей зависимости от использования самовырабатываемой энергии.

Цена на местном рынке за произведенную тепловую и электрическую энергию. Низкая цена за тепловую энергию приведет к переходу на производство электрической энергии, и наоборот

**Состав отходов.** Повышенные концентрации коррозионных веществ (например, хлоридов) могут привести к повышенным рискам коррозии, таким образом, ограничивая параметры пара (и, следовательно, возможности для производства электроэнергии), если будет поддерживаться доступность процесса. Состав также может изменяться в зависимости от сезона, включая, например, время летних отпусков, которые становятся причиной движения населения в некоторых местах.

**Изменчивость отходов.** Быстрые и обширные флуктуации состава могут привести к росту проблем обрастания и коррозии, которые ограничивают давление пара, и, следовательно, производство электроэнергии. Изменения состава отходов (который сам находится под влиянием многих факторов) на протяжении срока жизни установки скорее благоприятны для использования широкого спектра установок, чем четко оптимизированной системы

Установки с высокой эффективностью преобразования электрической энергии могут быть привлекательными, когда цены на электроэнергию высокие; однако часто более модернизированная технология будет использоваться с возможным негативным воздействием на коэффициент использования.

Оптимизация технологий утилизации энергии требует конструирования установок для сжигания, которые соответствуют требованиям спроса пользователей энергии. Установки, которые могут поставлять только электроэнергию, должны проектироваться иначе, чем установки, которые имеют возможность поставлять тепловую энергию, или установки, которые могут поставлять совместно тепловую и электрическую энергию.

Утилизация только тепловой энергии, как горячей воды или пара:

Утилизируемая энергия может поставляться как горячая вода или пар (при различных давлениях). Возможными потребителями являются:

Сети районного теплоснабжения и охлаждения (мало распространенные)

Промышленность, например, химический завод, электростанция, установка обессоливания<sup>5</sup>.

Для большей части потребителей требуется пар, за исключением сетей районного теплоснабжения, которые могут использовать либо пар, либо горячую воду. Если потребитель пара не присоединен к сети районного теплоснабжения, можно использовать горячую воду в качестве источника энергии. В случае воды трубопроводы имеют больший диаметр, и для насосов требуется больше энергии, но эксплуатация районного теплоснабжения легче и безопаснее.

В большинстве современных сетей районного теплоснабжения используется горячая вода<sup>6</sup>. В этом случае котел-утилизатор установки для сжигания отходов может производить либо пар, либо горячую воду. Если установка генерирует также электроэнергию (комбинированное производство тепловой и электрической энергии, см. ниже), должен производиться пар. Если электроэнергия не генерируется, обычно предпочитают горячую воду.

Горячая вода должна часто перегреваться<sup>7</sup>, иметь повышенное давление и повышенную температуру (например, 200°C), для того чтобы облегчить теплопередачу в теплообменниках за счет повышения перепада температур между нагреваемой и охлаждающей средами.

Когда система районного теплоснабжения использует пар, параметры пара (давление и температура) на выходе из котла-утилизатора должны быть выше наивысшего уровня, требуемого для районного теплоснабжения. В случае установок, поставляющих только тепловую энергию, давление пара обычно бывает 2 или 3 атм., а пар перегревается до 2 атм. или на 30°C.

Только электроэнергия:

Два фактора вносят вклад в повышение количества вырабатываемой турбогенератором электроэнергии:

- Высокая энтальпия пара, т.е. высокое давление и высокая температура
- Низкая энтальпия на выходе из турбины, результатом чего является низкая температура конденсации пара.

Эта последняя температура зависит от температуры источника холода (воздуха или воды) и от различия между ней и температурой на выходе из турбины.

В дополнение к электроэнергии, горячая вода может производиться с помощью использования теплообменника после турбины.

Комбинированная выработка тепловой и электрической энергии.

Ситуация с комбинированным производством тепловой и электрической энергии снижает потери энергии, когда имеется низкий спрос на тепловую энер-

<sup>5</sup> Имеется один пример в Европе (AVR Rotterdam) – мусоросжигательный завод в Роттердаме производительностью 400 тыс. т/год, который производит 127 тыс. МВт/ч электроэнергии. Этот завод работает совместно с установками для обессоливания. Это интересно, так как установки термического обессоливания нуждаются в паре низкого или среднего давления (3 бар в случае многоступенчатого испарителя мгновенного вскипания, 20 бар в случае термокомпрессионного испарителя).

<sup>6</sup> В некоторых случаях, например, в Базеле (Швейцария) имеется две сети, одна сеть районного теплоснабжения с горячей водой, а другая сеть работает с поставкой пара.

<sup>7</sup> Перегретая вода – вода с температурой выше 100°C.

гию, например, в летнее время для районного теплоснабжения. Электроэнергия производится в наилучших условиях, если отвод тепла хорошо расположен в тепловом цикле, т.е. пар низкого давления используется для теплоснабжения, оставляя высокое давление для производства электроэнергии.

С комбинированным производством тепловой и электрической энергии, когда спрос на тепловую энергию высокий, давление на выходе части турбины низкого давления постоянное. Давление зависит только от температуры холодной воды системы районного теплоснабжения (или обратной воды), и изменение тепловой нагрузки может быть сбалансировано с помощью накопительной емкости или воздухоохладителя.

Когда тепловая нагрузка невысокая, секция низкого давления турбины должна быть очень гибкой, поскольку расход пара будет изменяться в соответствии с тепловой нагрузкой. Например:

- от максимального значения (производится 100% электроэнергии, нет тепловой нагрузки), когда 100% расхода пара проходит в секцию низкого давления турбины
- до минимального значения: максимальная тепловая нагрузка, когда требуется только минимальный расход пара для защиты турбины.

В случае комбинированного производства тепловой и электрической энергии давление и температура пара, направляемого потребителю тепловой энергии, определяется положением отбора пара на турбине<sup>8</sup>. Отбор размещается таким образом, чтобы разница между температурой насыщения у этого отбора и температурой напорной стороны районного теплоснабжения составляла около 10°C. Это означает, что поддерживается постоянное давление.

Приоритет обычно отдается поставкам тепловой энергии, но это могут быть также и поставки электроэнергии. Это часто зависит от контрактов на продажу.

Повышение утилизации и эффективной поставки/использования энергетической ценности отходов заменяет потребность во внешней генерации этой энергии, результатом чего является как экономия ресурсов, так и предотвращение выбросов и потребления энергии от внешней установки для ее генерации. Количество энергии, которое доступно для утилизации из отходов, зависит от теплоты сгорания отходов.

В общем, от 0,3 до 0,7 МВт электроэнергии можно производить на установках для сжигания ТБО с одной тонны ТБО, в зависимости от количества пара, как функции теплоты сгорания отходов, производительности установки, параметров пара и эффективности использования пара.

Для совместного производства электрической и тепловой энергии можно дополнительно поставить от 1,25 до 1,5 МВт/ч (часы с полной нагрузкой) тепловой энергии на т отходов, в зависимости от теплоты сгорания отходов, но может быть снижено производство электроэнергии. В таких случаях очень зна-

<sup>8</sup> В случае турбин с противодавлением (без секции низкого давления) давление и температура пара – это параметры на выходе из турбины.

чительными являются возможности поставки тепловой энергии в зависимости от участка. Они включают:

- географическое расположение
- обычные (районные) периоды использования тепловой энергии (например, в Германии это только 1300-1500 ч/г из общего количества 8760 ч/г, но в Дании это составляет от 4000 до 8760 ч/г из возможных 8760 ч/г, где крупные сети районного теплоснабжения дают возможность круглогодичной поставки тепловой энергии.

Что касается тепловой энергии, то при благоприятных условиях энергия, поставляемая после котла-утилизатора (как горячая вода или пар), может возрасти до примерно 90% от общей потребляемой энергии от котла-утилизатора (не включая требований внутреннего потребления) для мусоросжигательной установки, работающей на базовой нагрузке. Когда имеют место высокая эффективность преобразования и потребность в базовой нагрузке (т.е. специальная технологическая подготовка, сделанная для создания таких обстоятельств) со специально подготовленными отходами с высокой теплотой сгорания (выше 20 МДж/кг), имеется возможность утилизировать в общей сложности 4-5,5 МВт/ч тепловой энергии на т отходов. Такой выход не имеется при отходах с низкой теплотой сгорания, например, необработанные ТБО, у которых теплота сгорания обычно от 8 до 12 МДж/кг.

64

Достижение максимальных выгод, доступных от энергетической ценности отходов, часто с наибольшей вероятностью происходит в ситуациях, когда используется комбинированное производство тепловой и электрической энергии, так как это может привести к максимальному уровню *эксергии*<sup>9</sup>. Это связано с тем, что появляется возможность использования пара высокого давления для производства электроэнергии, в то время как остающаяся энергия пара (низкого давления) можно все еще поставяться и использоваться как тепловая энергия. В индивидуальных обстоятельствах, когда не возможен вариант комбинированного производства тепловой и электрической энергии, другие варианты могут дать оптимальное решение.

Утилизация энергии не должна препятствовать безопасному и эффективно-му обезвреживанию отходов. Например, условия пара высокого давления могут подвергать риску коэффициент использования установки, если не будут приняты все меры предосторожности. Повышенная энергоэффективность приводит к повышенным инвестициям и затратам на обслуживание, и может также привести к меньшему коэффициенту использования.

Особое внимание следует уделять конструкции котла-утилизатора в температурном диапазоне 450-200°C для обеспечения минимизации вторичного образования диоксинов, например, с помощью предотвращения пребывания пыли в таких зонах (см. раздел 4.1.3.19). Некоторые виды оборудования для очистки дымовых газов и технологии имеют высокую потребность в энергии, и в то вре-

<sup>9</sup> *Эксергия – часть энергии, равная максимальной полезной работе, которую может совершить термодинамическая система при переходе из данного состояния в состояние равновесия с окружающей средой. Эксергией иногда называется работоспособность системы.*

мя как удаление некоторых компонентов дымовых газов может улучшить возможности для утилизации энергии (с помощью снижения потребления энергии внутри процесса), это может также привести к неприемлемо высоким выбросам – поэтому требуется баланс. Некоторые примеры технологий со значительным потреблением энергии включают в себя:

- рукавные фильтры – снижают выбросы пыли (и других загрязняющих веществ), но много фильтров, установленных последовательно, становятся причиной дополнительной потребности в энергии
- СКВ – снижает выбросы  $\text{NO}_x$  и газообразные выбросы PCDD/F, но как хвостовая часть системы газоочистки, СКВ требует энергии для нагрева дымовых газов
  - регенерация  $\text{HCl}$  или  $\text{NaCl}$  – внешнее испарение стоков
  - дожигание шлейфа выбросов – снижается видимость шлейфа
  - плавление золы – повышение качества золы.

В Австрии потребность в энергии самой установки для сжигания отходов (известная также как “паразитная нагрузка”) находится в диапазоне 2-3% от тепловой производительности (для сжигания на решетках или во вращающейся печи) и 3-4% в случае реактора с кипящим слоем.

Следующие данные (Таблица 4.1.12) подытоживают результаты обследования, проведенного подгруппой по энергии Тематической рабочей группы. Приведенные данные показывают диапазон и средние значения для производства тепловой и электрической энергии и потребности на тонну обрабатываемых отходов. Это среднегодовые данные для установок в средней Европе в течение 2001 г.:

**Таблица 4.1.12 ДАННЫЕ ОБСЛЕДОВАНИЯ ПОДГРУППЫ ПО ЭНЕРГИИ ТЕМАТИЧЕСКОЙ РАБОЧЕЙ ГРУППЫ ДЛЯ ОТДЕЛЬНЫХ ПОТОКОВ ЭНЕРГИИ НА НЕКОТОРЫХ ЕВРОПЕЙСКИХ МУСОСЖИГАТЕЛЬНЫХ ЗАВОДАХ НА ТОННУ ОБРАБАТЫВАЕМЫХ ОТХОДОВ**

Параметр		Значения в МВт/ч/т обрабатываемых ТБО		Число обследованных установок
		Диапазон	Диапазон	
Электроэнергия	Производство	0,415-0,644	0,546	8
	Продажа на сторону	0,279-0,458	0,396	
Тепловая энергия	Производство	1,376-2,511	1,922	15
	Продажа на сторону	0,952-2,339	1,786	
Потребность установки в энергии	Итого	0,155-1,116	0,575	50
	Электроэнергия	0,062-0,257	0,142	

Примечания:

1. Все данные абсолютные, т.е. не были использованы коэффициенты пересчета/эквивалентности.
2. Расчеты проведены в точном соответствии с методологиями, использованными подгруппой.

Диапазон эффективности, который может быть достигнут, зависит в значительной степени от химических и физических свойств сжигаемых отходов (т.е. ТБО, опасные отходы, осадки сточных вод и т.д.), а также от их теплоты сгора-

ния. В общем, более высокий электрический КПД может быть достигнут, когда в отходах будет содержаться более низкие концентрации веществ, которые могут увеличить коррозию в котлах-утилизаторах. Так как высокая температура коррозии становится возрастающей проблемой при более высоких параметрах пара, необходимость в высоком коэффициенте использования установки может стать лимитирующим фактором.

Довольно часто, когда утилизируемая энергия используется как тепловая энергия, часть этой поставляемой тепловой энергии реально не используется. В некоторых случаях потери из системы, которая поставяет тепловую энергию, могут стать очень значительными, поскольку потребность не является постоянной при полной нагрузке. Обычно утилизируемое тепло может быть использовано максимально в ситуациях, когда:

- потребителем является отрасль промышленности с потребностью во всей утилизируемой энергии
- отходы могут храниться, а затем сжигаться, когда требуется тепловая энергия (это позволяет избежать потери энергии топлива)
- потребность в системе районного теплоснабжения больше, чем энергия, поставляемая установкой для сжигания отходов.

Последний случай чаще всего можно встретить в городах или в других местах с масштабными сетями теплоснабжения.

66

Когда не имеется подходящего распределения тепла и сети, будут ограничиваться возможности и основания для достижения высоких уровней утилизации тепла, и, следовательно, будет ограничена возможность процесса поставять всю имеющуюся энергию, таким образом, затрудняя достижение самых высоких уровней эффективности.

Выбор участка, где должна быть построена установка, и зоны европейского (климата), где он находится (например, более холодный климат предпочтителен для поставок тепловой энергии), поэтому, имеет решающее значение при определении имеющихся рынков сбыта энергии, и, следовательно, достижимой эффективности.

Поэтому при сравнении достигнутой (и достигаемой) эффективности существующих установок важно, чтобы учитывалось размещение установки.

Возможности для повышения общей утилизации энергии на новых установках для сжигания отходов, поэтому, считаются самыми большими в то время, когда выбирается место размещения новых установок. Решение о размещении установки, таким образом, может быть экономически связано с подходящей сетью распределения энергии, и оно обычно оказывает намного большее влияние на общую утилизацию энергии, чем технологические выборы, которые делают для работающей установки.

Снижение энергопотребления установкой может быть связано с решениями, относящимися к типу и масштабу используемой системы газоочистки. Надлежащим является сбалансированный подход к таким решениям, т.е. таким, чтобы учитывалось общее желание снижать требования к потреблению энергии

установкой и степень подавления выбросов загрязняющих веществ.

Повышенные относительные затраты на обезвреживание отходов на небольших установках и отсутствие экономии масштаба обычно приводят к меньшей доступности капитала для инвестиций в самые современные технологии утилизации энергии. Это, в свою очередь, означает, что можно ожидать меньшую эффективность на небольших установках, например, на установках для сжигания ТБО с годовой производительностью ниже 100 тыс. т.

Цены, выплачиваемые поставщикам электрической и тепловой энергии, оказывают основное влияние на экономические показатели инвестиций, сделанных в повышение выпуска продукции. В некоторых случаях выплачиваются субсидии, которые предусматривают очень привлекательные цены для производства электроэнергии. В других случаях высокий спрос на тепловую энергию может привести к благоприятным ценам на тепловую энергию. В таких случаях доход, полученный от этих источников, может сделать капиталовложения в повышение производительности более благоприятными.

Для установок, поставляющих только электроэнергию, повышение электрического КПД приводит к более высоким доходам от дополнительно произведенной/проданной электроэнергии, но это также связано с повышенными инвестиционными затратами и часто с повышенными затратами на обслуживание. Поэтому цена за (проданный) кВт/ч будет играть ключевую роль при принятии решения.

Для установок комбинированным производством тепловой и электрической энергии большее количество энергии, поставляемой в виде тепловой энергии, с меньшей выгодой, будет скомпенсировано повышением КПД генерации электроэнергии.

Основными движущими силами для повышения энергоэффективности являются благоприятные экономические условия. Они, в свою очередь, находятся под воздействием таких факторов, как:

- климат
- местоположение
- цены за тепловую и электрическую энергию.

Повышенный доход от продаж энергии может, в частности, дать возможность:

- повысить эффективность поставок электрической энергии на 20-30% (например, 0,6-0,9 МВт/ч/т для неподготовленных смешанных ТБО 2,9 МВт/ч/т). Более высокие уровни достигаются с помощью использования систем предварительной подготовки отходов (отметим, что стадии предварительной подготовки отходов часто требуют энергии, и при этом можно использовать все то, что достигается за счет повышения эффективности на стадии сжигания), включая производство топлива из отходов для сжигания в кипящем слое, и возрас- тающие параметры пара, выше 40 атм. и 400оС.

- инвестиции в сети для поставки тепловой энергии или пара для повышения способности использования имеющейся энергии, с повышением КПД до

80-90% (например, >2,3МВт/ч/т для неподготовленных смешанных ТБО 2,9 МВт/ч/т), когда в течение всего года имеется спрос на тепловую энергию

- инвестиции в технологии для утилизации доступного тепла из низкотемпературных источников, которые в иных условиях были бы неэкономичными, например, скрубберы, работающие в конденсационном режиме, и тепловые насосы (см. следующие разделы).

С точки зрения оптимизации утилизации энергии, снижения технического риска и затрат, поставки тепловой энергии благоприятны, когда это возможно. Однако это все еще зависит от местных условий, и в значительной степени от соответствующих цен за продажу электрической и тепловой энергии. Если (существенная) часть тепловой энергии не может быть использована, тогда правильным решением может стать комбинированное производство тепловой и электрической энергии. Если тепловая энергия не может быть продана, тогда надлежащей практикой обычно будет использование доступной энергии для производства электрической энергии.

Тепловая энергия. Ключевой движущей силой является потребность заказчика. Поэтому большое значение имеет местоположение.

Важным фактором является длительность контракта на прием тепловой энергии. Часто промышленные заказчики не могут взять на себя обязательства больше чем на один-два года. Это не соответствует условиям работы мусоросжигательного завода, когда может понадобиться несколько лет после того, как проект завершится пуском завода; и обычно установки для сжигания отходов финансируются и эксплуатируются в течение длительного периода (15-25 лет).

Самая благоприятная ситуация, когда утилизируемое тепло можно полностью продавать для использования. Это может случиться с промышленными потребителями, или с районным теплоснабжением в условиях холодного климата, или для очень крупных систем районного теплоснабжения с “базовой” нагрузкой выше, чем производительность установки<sup>10</sup>.

Когда все утилизируемое тепло не может быть продано, целью является использование остающейся энергии для производства электроэнергии. Решение зависит от остающегося количества энергии и от капиталовложений и дохода по ценам, полученным от продажи электроэнергии.

Комбинированное производство тепловой и электрической энергии. Обычно комбинированное производство тепловой и электрической энергии является решением для повышения выработанной энергии, когда только часть тепловой энергии может быть продана. Комбинированное производство тепловой и электрической энергии особенно эффективно, если низкие требования к температурному уровню тепловой энергии.

Электроэнергия. Если не имеется потребителей тепловой энергии, тогда

<sup>10</sup> Некоторые установки, которые сообщают о 100% поставках своей тепловой энергии, которую они утилизировали, в действительности поставляют пар для другой компании, которая затем преобразует его в электроэнергию, например, Брюссель, Бельгия, Мец, Франция, Ванкувер, Канада. Среди 8 немецких компаний, продающих только тепловую энергию, все установки, которые продают большое количество тепловой энергии за тонну отходов, поставляют эту энергию непосредственно на электростанцию, и обычно исключительно как технологический пар.

единственным вариантом является производство электроэнергии. Возрастающее производство электроэнергии может быть достигнуто с помощью использования пара с повышенными параметрами (см. раздел 4.1.3.8). Выбор параметров пара (высокие или низкие) обычно в большинстве случаев осуществляется по экономическим основаниям. Технологический риск также является фактором, так как он возрастает, когда используется пар высоких параметров (например, выше 40 атм. и 400°C для смешанных ТБО), и если установка не управляется и обслуживается должным образом, могут быть потери, связанные с коэффициентом использования.

Установки для сжигания ТБО:

- Компания Ренова (Renova)<sup>11</sup>, Гётеборг и Умео, Швеция – высокие уровни интеграции внутренней энергии с точки зрения максимальной степени поставок тепловой энергии в местные сети.
- Оденсе, Дания – использование специальных покрытий в котлах-утилизаторах для возможности получения пара высоких параметров и производства электроэнергии
- Indaver<sup>12</sup>, Бельгия – поставка технологического пара непосредственно на соседнее промышленное предприятие.

Примеры мусоросжигательных заводов, на которых производится горячая вода для районного теплоснабжения:

- Рюнжи (пригород Парижа, расположенный южнее его)
- Вийжю (пригород Парижа, расположенный южнее его)
- Кан (Франция)
- Тиверваль-Гриньон (к западу от Парижа)
- Восточный Нант (Франция).

Примеры установок, производящих пар для районного теплоснабжения:

Три установки во Франции поставляют пар для районного теплоснабжения для жителей 200000 квартир в Париже:

- Исси-ле-Мулино (юго-запад Парижа)
- Иври (юго-восток Парижа)
- Сен-Уэн (северо-запад Парижа).

Примеры установок, производящих пар для промышленности?:

- Нант (Франция)
- Рамбервиллер (Франция).

Примеры установок, производящих только электроэнергию:

- Матаро (Испания)
- Чинэм (Соединенное Королевство).

Примеры мусоросжигательных заводов, производящих пар для генерации электроэнергии:

- Брюссель (Бельгия)

<sup>11</sup> Ведущая компания в Западной Швеции в секторе управления отходами, уделяющая особое внимание экологическим аспектам (не путать с компанией "Ренова" Вексельберга, зарегистрированной на Виргинских островах).

<sup>12</sup> Ведущая бельгийская компания в секторе управления отходами, работающая с применением наилучших доступных технологий по заказам правительства и промышленных компаний.

- AZN Moerdijk (Нидерланды) – г. Моердийк
- Несколько примеров в Германии
- Ванкувер (Канада).

Примеры установок для сжигания опасных отходов:

- Компания Ekokem (Финляндия) – производство электроэнергии и поставки пара
- Компания Indaver, Антверпен (Бельгия) – использование пара для других процессов
- Группа компаний НМ (Германия) – использование пара для испарения масел/сточных вод
- Химическая промышленность Германии (19 установок, производительность > 500000 т/г) с использованием пара для других процессов, электроэнергии (4 установки) и дополнительно для районного теплоснабжения.

#### **4.1.3.2 Снижение потерь энергии: потери с дымовыми газами**

Потери с дымовыми газами соответствуют тепловой энергии, теряемой установкой (обычно считается на уровне котла-утилизатора) с дымовыми газами. Реальные потери зависят от расхода дымовых газов и их температуры (энтальпии).

Некоторые возможности для снижения этих потерь:

- снижение расхода дымовых газов; для достижения этого возможно несколько вариантов:
  - снижение избытка воздуха, т.е. улучшение распределения первичного и (или) вторичного воздуха
  - рециклинг дымовых газов, т.е. замена части вторичного воздуха дымовыми газами
  - обогащение воздуха для сжигания кислородом, т.е. повышение доли кислорода и снижение доли азота с помощью инъекции кислорода (это осуществляется только в специальных случаях – см. раздел 4.1.2.13)
  - снижение температуры дымовых газов, например, с помощью использования конденсации дымовых газов или снижения их температуры на выходе из котла-утилизатора – см. технологии, описанные далее в этом разделе
  - выбор систем очистки дымовых газов с пониженными температурами от котла-утилизатора до дымовой трубы, насколько это возможно.

За счет использования технологий для снижения потерь с дымовыми газами утилизируемая дополнительная энергия может поставляться для использования.

Снижение расхода дымовых газов с помощью снижения избытка воздуха может привести к снижению рисков коррозии, и, поэтому, может потребовать дополнительных технических средств. Если уровни снизятся слишком значительно, это может вызвать риск того, что в дымовых газах останутся продукты неполного горения.

Инъекция кислорода может повысить температуры горения. Если не будет тщательного контроля, то это может привести к засорению и риску разрушения огнеупорных материалов и стали.

Для производства кислорода требуется значительное потребление энергии, которое будет выше, чем достигаемое снижение потерь энергии, что делает этот прием нежизнеспособным, если только рассматриваемая выгода не позволит достичь энергетического баланса. Другие выгоды применения обогащенного кислорода (например, улучшение сжигания) могут, однако, оправдать этот прием.

Снижение температуры на выходе из котла-утилизатора ниже температуры, требующейся для работы последующей системы очистки дымовых газов, может привести к дополнительной потребности в энергии для подогрева дымовых газов, для того чтобы работали элементы системы газоочистки, а также к возрастающему риску коррозии в экономайзере. Это особенная проблема для рукавных фильтров и системы СКВ.

Более низкая температура дымовых газов на выходе из дымовой трубы может привести:

- к шлейфу конденсированных выбросов с высокой видимостью (проблема снижается, если использовать скрубберы, работающие в режиме конденсации, так как они снижают влагосодержание дымовых газов)
- к снижению подъемной силы шлейфа выбросов, и, следовательно, рассеянию
- к коррозии в дымовой трубе (футерованной стекловолокном).

Для установок для сжигания ТБО потери энергии с дымовыми газами обычно находятся в диапазоне 13-16% энергии отходов.

Оптимизация температуры на выходе из котла-утилизатора может проводиться на всех установках. Степень, до которой ее можно снизить, должна определяться из соображений потребности в энергии находящегося за котлом-утилизатором оборудования для очистки дымовых газов и кислотной точки росы дымовых газов.

Новые установки обладают значительными возможностями для применения технологий по снижению потерь с дымовыми газами. Установки, на выходе из которых относительно низкие температуры (обычное явление для условий холодного климата), лучше годятся для использования дополнительного тепла, содержащегося в дымовых газах. Когда такую тепловую энергию нельзя поставлять или использовать ее на установке, это низко потенциальное тепло лучше использовать для диспергирования дымовых газов.

#### **4.1.3.3 Повышение степени сжигания отходов**

Хорошее сжигание имеет своим результатом хорошие условия для преобразования топлива в энергию. Поэтому технологии, которые обеспечивают эффективное сжигание, и, следовательно, низкие уровни органического углерода в золе, могут в некоторой степени способствовать повышению энергоэффективности. Технологии сжигания, при которых хорошо перемешиваются отходы, помогают тому, чтобы несгоревший углерод в шлаке перешел в газовую фазу и сгорал. Способы для повышения степени сжигания описаны в разделе 4.1.2.17.

Использование энергетической ценности отходов для возможной утилизации.

Улучшение качества остатков за счет снижения доли неосторевших материалов. См. раздел 4.1.2.17 для дополнительной информации.

Выгода, получаемая от более полного сжигания отходов, меньше, чем выгода, получаемая от утилизации энергии, но больше, чем выгода, получаемая от улучшения качества остатков.

#### 4.1.3.4 Снижение объемов избыточного воздуха

См. комментарии в разделе 4.1.3.2 для получения дополнительных сведений.

#### 4.1.3.5 Меры по снижению других потерь энергии

В дополнение к другим способам, описанным в этом документе (см. разделы 4.1.3.2, 4.1.3.3, 4.1.3.12), можно использовать следующие способы для снижения потерь (табл. 4.1.13).

Таблица 4.1.13 СПОСОБЫ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ПОТЕРЬ ЭНЕРГИИ НА УСТАНОВКАХ ДЛЯ СЖИГАНИЯ ОТХОДОВ

Описание потерь энергии	Способы для снижения потерь	Комментарии
Потери тепла с излучением и конвекций – главным образом от печи и котла	<ul style="list-style-type: none"> <li>• тепловая изоляция</li> <li>• размещение установки внутри здания</li> </ul>	Для муниципальных установок потери могут быть ограничены примерно до 1% от подвода энергии
Потери с твердыми остатками (шлак и летучая зола)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• хорошее качество сжигания отходов</li> <li>• использование тепла от шлаковой ванны</li> </ul>	Для муниципальных установок потери составляют порядка 0,5-1% - большей частью с летучей золой
Продувка котла-утилизатора и стоки	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Повторное использование энергии воды для нагрева здания на установке</li> </ul>	Замкнутый контур для целей охлаждения
Обрастание котла-утилизатора снижает эффективность теплопередачи	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Конструирование для снижения уровня обрастания котла</li> <li>• Эффективная очистка котла – см. раздел 4.1.3.12</li> </ul>	
Процедуры пуска и останова	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Предотвращение пусков и остановов с помощью конструкции и процедур непрерывной работы и надлежащего обслуживания</li> </ul>	Пример: конструкция для снижения обрастания котла может снизить частоту пусков и остановов и повысить коэффициент использования
Быстрые изменения характеристик отходов и потребности в тепле	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Смещение отходов и гарантия качества/контроль</li> <li>• Поставка тепла для сети буферного запаса</li> </ul>	Способы, которые повышают стабильность входных и выходных параметров, должны помочь способности оптимизации для местных условий
Неисправности/перебои в работе установки	Процедуры обслуживания для предотвращения неисправностей	Некоторые неисправности могут быть результатом частичных остановов оборудования для утилизации энергии. Другие могут потребовать удаления отходов с установки, и, следовательно, приведут к снижению производительности, когда не удастся хранить отходы

Описание потерь энергии	Способы для снижения потерь	Комментарии
Снижение/изменения во внешнем спросе на энергию	<ul style="list-style-type: none"> <li>Гарантированные контракты с потребителями повышают возможность максимальной поставки утилизированной энергии</li> <li>Поставки тепла в сеть буферного запаса</li> </ul>	Внешний спрос на утилизируемую энергию оказывает основное воздействие на способность установки поставлять энергию. Обычно больше бывает проблем с тепловой энергией, чем с электрической
Потери с измерительными приборами и инструментами	<ul style="list-style-type: none"> <li>Использование систем измерения с низким падением давления и с точными результатами</li> </ul>	Новые инструменты позволяют, например, измерять параметры пара почти с нулевыми потерями с высокой точностью

Дополнительная утилизируемая энергия может быть поставлена для использования.

Описанные способы могут помочь в снижении потерь на всех установках. Однако специфические факторы по месту могут означать, что некоторые способы не доступны в данном месте или не являются важными (например, утилизация тепла от устройства для выгрузки шлака, продувки или буферного запаса рассматриваются только, когда тепло с низким потенциалом можно продавать весь год.

#### 4.1.3.6. *Снижение общего потребления энергии в процессе*

Сам процесс сжигания требует энергии для работы установки. Эта энергия может быть утилизирована из отходов. Количество требующейся энергии зависит от типа сжигаемых отходов и конструкции установки.

Снижение энергии, требующейся для установки, должно быть сбалансировано с необходимостью обеспечения эффективного сжигания, для достижения обезвреживания отходов и контроля выбросов (особенно в воздух).

Обычными источниками значительного потребления энергии в процессе сжигания являются:

- Вытяжной и нагнетательный вентилятор для преодоления падения давления и подачи воздуха для сжигания
- Оборудование для транспортирования/загрузки отходов (например, насосы/краны и грейферы/шнековые питатели)
- Воздухоохлаждаемые конденсаторы
- Оборудование для предварительной обработки отходов (шредеры и т.д.)
- Система нагрева дымовых газов для специальных устройств для очистки загрязняющих веществ (например, рукавные фильтры, системы СКВ)
- Система подогрева дымовых газов для снижения видимости шлейфа загрязнений
- Топлива для поддержки горения и пуска/останова (наиболее употребительны для отходов с низкой теплотой сгорания)
- Система мокрой очистки дымовых газов, которая охлаждает их больше, чем полусухая и сухая системы
- Электрическая энергия, необходимая для других устройств.

Во многих случаях, особенно требуются постепенные изменения в технологии очистки дымовых газов, чем ниже предельные значения выбросов, тем больше энергии потребляет система газоочистки. Поэтому важно, чтобы воздействия между средами не приводили к росту потребления энергии.

Следующие способы и меры позволяют снижать потребность процесса в энергии:

- Избегание использование необязательного оборудования
- Использование комплексного подхода к общей целевой оптимизации потребления энергии установкой вместо оптимизации каждой единицы оборудования
- Размещение высокотемпературного оборудования выше зоны пониженных температур
- Использование теплообменников для снижения потребления энергии, например, для систем СКВ
- Использование энергии, производимой на установке для сжигания отходов, которая в противном случае не использовалась бы или не поставлялась, для замены энергии, поступающей из внешних источников энергии
- Использование вращающегося оборудования с частотным регулированием для тех частей оборудования установки, которые работают с переменной скоростью, таких как вентиляторы и насосы, когда они эффективно работают при пониженной нагрузке. Это позволит существенно снизить среднее потребление энергии, поскольку изменения давления будут осуществляться с помощью изменения скоростей, а не с помощью клапанов.

Снижение потребности процесса в энергии снижает потребность в производстве энергии из внешних источников или позволяет поставлять большее количество энергии. Дополнительно утилизируемая энергия может быть поставлена для использования.

Для муниципальных установок для сжигания отходов потребление электроэнергии обычно составляет от 60 до 190 кВт/ч/т отходов, в зависимости от их теплоты сгорания.

Сообщалось о среднем собственном потреблении порядка 75 кВт/ч/т отходов для: мусоросжигательного завода, сжигающего отходы с теплотой сгорания 9200 кДж/кг, с производством только электрической энергии (без тепловой), соответствующего требованиям Директивы ЕС/2000/76 в отношении предельных значений выбросов, при использовании полусухой системы очистки и СНКВ для подавления оксидов азота, без устройства для рассеяния шлейфа загрязнений. На мусоросжигательном заводе такого типа, работающего без предварительной подготовки отходов, подогрева дымовых газов или снижения видимости шлейфа загрязнений основными потребителями электроэнергии являются:

- дымосос: 30%
- нагнетательный вентилятор: 20%
- питательный насос и другие водяные насосы: 20%

- воздухоохлаждаемый конденсатор: 10%
- прочие потребители: 20%.

Установки с высокой производительностью имеют экономию масштаба, что приводит к меньшему потреблению энергии на единицу сжигаемых отходов. Это показано ниже в табл. 4.1.14.

**Таблица 4.1.14 ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ УСТАНОВКИ И ОБЩАЯ ПОТРЕБНОСТЬ ПРОЦЕССА В ЭНЕРГИИ ДЛЯ МУСОРОСЖИГАТЕЛЬНЫХ ЗАВОДОВ В ГЕРМАНИИ**

Диапазон производительностей заводов (т/г)	Потребность процесса в энергии (кВт/ч/т отходов)
До 150000	300-700
150000-250000	150-500
Более чем 250000	60-200

Величина такой экономии масштаба может быть существенно меньше, чем данные представленные в примере выше. Обычно повышенные значения паразитной нагрузки с наибольшей вероятностью можно объяснить применением сложных, модернизированных систем очистки дымовых газов, которые часто применяются в Германии, для того чтобы гарантировать значения выбросов, которые иногда бывают значительно ниже значений в Директиве 2000/76.

Значительная часть дополнительно потребляемой энергии связана с применением дополнительных технологий очистки дымовых газов, которые сами по себе потребляют энергию. Снижение количества энергии, потребляемой в процессе, при подавлении выбросов этих компонентов менее приемлемо, когда имеются местные экологические факторы, которые оправдывают дальнейшее снижение выбросов.

Варианты для оптимизации самые значительные на новых установках, на которых имеется возможность изучить и сделать выбор из различных конструкций, для того чтобы достичь решения, которое будет сбалансированным с точки зрения выбросов и потребления энергии.

На существующих установках выбор вариантов ограничен вследствие затрат (и дополнительного технического риска), связанных с полной реконструкцией. Установки, которые были модернизированы для достижения конкретных предельных значений выбросов, обычно должны соответствовать оборудованию для очистки дымовых газов, расположенному на хвосте, и, поэтому, должны иметь повышенное потребление энергии.

Экономия эксплуатационных затрат может быть достигнута с помощью снижения потребления энергии из внешних источников. Когда сэкономленная энергия может быть поставлена на сторону, может быть дополнительный доход.

Капитальные затраты являются большими при реконструкции существующих установок, и в некоторых случаях они могут оказаться очень большими по отношению к выгодам, которые могут быть получены.

#### 4.1.3.7 Выбор турбины

Основными типами турбин широкого использования на установках для сжигания отходов являются:

- турбины с противодавлением
- конденсационные турбины
- конденсационные турбины с отбором пара
- двухступенчатые конденсационные турбины.

Турбины с противодавлением используются, когда значительное и, возможно, постоянное количества тепловой энергии можно поставлять потребителям. Уровень противодавления зависит от требуемого температурного уровня поставляемой тепловой энергии. Противодавление на выхлопе выше атмосферного (например, 4 атм.).

Конденсационные турбины используются, когда имеется мало возможностей или они не имеются для поставки тепловой энергии потребителям, и утилизируемая энергия преобразуется в электроэнергию. КПД производства электроэнергии находится под влиянием применяемой системы охлаждения (см. также 4.1.3.9). Выхлопное давление конденсационной турбины находится под разрежением (например, 0,2 атм.), а часть низкого давления конденсационной турбины намного больше.

Конденсационные турбины с отбором пара являются конденсационными турбинами со значительным отбором пара при промежуточном давлении для некоторой цели. Почти всегда имеется некоторый отбор (отборы) для использования в технологическом процессе конденсационной турбины. Конденсационные турбины с отбором пара используются, когда можно поставлять потребителям значительное и изменяющееся количество тепловой энергии или пара. Требуемое количество (низкого давления) пара отбирается из турбины, а остающийся пар конденсируется.

Двухступенчатые конденсационные турбины нагревают пар в двух стадиях, с помощью использования некоторой части вводимого пара для перегрева пара на второй стадии для достижения более высокого производства энергии при низких температурах конденсации, без повреждения турбины.

Выбранный тип оказывает влияние на производство электроэнергии и выходную мощность.

Отбор пара приводит к оптимизированному использованию энергии. Экономия ископаемых топлив приводит к снижению выбросов загрязняющих веществ и парниковых газов за счет снижения дополнительной энергии от внешних источников.

Низкая температура конденсации в торце турбины может привести к коррозии за счет высокой влажности пара.

Турбины на мусоросжигательных заводах обычно не очень большие, обычно порядка 10 МВт (диапазон от 1 до 60 МВт). Количество отборов обычно ограничено 3 или 4 (что отличается от электростанций, где турбины могут иметь намного больше отборов).

Секция низкого давления турбины нуждается в минимальном расходе пара для охлаждения лопастей, для предотвращения вибрации и конденсации.

Если остающийся поток пара слишком малый в некоторых условиях эксплуатации, вместо одного турбогенератора с секцией высокого давления и секцией низкого давления возможно также иметь две турбины (одна высокого, а другая – низкого давления). Выбор осуществляется в зависимости от местных условий, и оптимальный выбор может изменяться с течением времени.

Для того чтобы повысить выработку электрической энергии с конденсационными турбинами, пар, требующийся для процесса сжигания (например, для деаэрата, воздухоподогревателя, сажепродувателя), обычно отбирается из турбины после ее расширения, в части высокого давления. Это делается с помощью отбора (отборов). Этот отбор (отборы) считаются “нерегулируемыми”, поскольку давление зависит от нагрузки турбины (давление можно разделить с помощью двух отборов, когда расход пара снижается на 50%). Отбор (отборы) располагаются таким образом, чтобы давление было достаточно высоким для требований процесса, какая бы ни была нагрузка турбины.

- RMVA, Кёльн, Германия (мусоросжигательный завод в Кёльне).

С помощью отбора пара из конденсационной турбины можно предложить различные виды использования энергии и можно оптимизировать общую произведенную энергию. Пар поступает в турбину с температурой 400°C и давлением 40 атм. Пар отбирается с температурой примерно 300°C и давлением 16 атм. для местного и отдаленного потребителя пара, а также при температуре примерно 200°C и давлении 4,8 атм. для чисто местных целей, и это означает, что энергия может использоваться с наилучшим возможным эффектом.

Пар используется на заводе для подогрева воздуха и воды для местных систем и зданий. Пар отдаленному потребителю используется главным образом для поддержки производственных процессов, но также и для отопления.

- Установка в Ренне (Франция) – модернизация.

2 линии с производительность по 5 т/ч отходов каждая производят пар с давлением 26 атм. и температурой 228°C (насыщенный) для районного теплоснабжения. В 1995 г. была добавлена третья линия с производительность 8 т/ч отходов с производством пара того же самого давления и с температурой 380°C (перегрев на 150°C).

Турбогенератор с установленной мощностью 9,5 МВА принимает смешанный пар с 3 линий с промежуточным перегревом. Однако турбогенератор может работать и в случае останова любой из трех технологических линий. Это означает, что он может работать с перегревом 150°C, когда две линии с производительностью по 5 т/ч остановлены, но также и с насыщенным паром, остановлена линия с производительность 8 т/ч. Турбина использует только насыщенный пар.

- Три установки в Париже.

Эти установки сжигают в общей сложности 1800000 т/год и поставляют в сеть районного теплоснабжения Парижа 4 млн. т пара в год (2900000 МВт/ч/г), что соответствует 45% потребностей, а также производят 290000 МВт/ч/г элек-

троэнергии, из которых 160000 МВт/ч/г поставляется в национальную энергосистему.

Пар поставляется с давлением, регулируемым с помощью клапана в диапазоне от 12 до 21 атм. в соответствии с требованиями районного теплоснабжения, и он поставляется непосредственно в сеть без теплообменников. Некоторая часть пара возвращается как конденсат. Установки деминерализации в состоянии производит 2/3 расхода пара.

#### ***4.1.3.8 Повышенные параметры пара и применение специальных материалов для снижения коррозии в котлах-утилизаторах***

Повышенные параметры пара повышают КПД турбины и приводят к большему производству электроэнергии на тонну сжигаемых отходов. Однако вследствие коррозионной природы газов, образующихся при сжигании отходов, на мусоросжигательных заводах нельзя использовать те же самые температуры и давления, как на обычных электростанциях, например 100-300 атм. и 620°C. Например, на угольных электростанциях обычная максимальная температура 540°C.

Имеются различия между:

- давлением пара, которое дает температуру (давление насыщенного пара) в водяном экране (который может быть защищен с помощью покрытий) и теплообменных пучках
- температурой пара (перегретый пар), которая дает температуру в пароперегревателе

В общем, если только не будут приняты специальные меры для предотвращения эффектов коррозии (которая приводит к снижению коэффициента использования установки и росту затрат), в случае мусоросжигательных заводов обычно приняты ограничения до 40-45 атм. и температуры 380-400°C. Выше этих значений должен быть найден компромисс:

- между затратами на специальные меры, например, специальные материалы для снижения коррозии
- между затратами на снижение коэффициента использования, когда требуется большее обслуживание
- между ценой любой дополнительно произведенной электроэнергии.

Для снижения воздействий коррозии можно использовать покрытия их хромоникелевых (главные компоненты) сплавов для защиты подвергаемых воздействию поверхностей теплообмена от дымовых газов. Покрытия обычно начинают наносить после того как огнеупоры установлены в первом проходе котла-утилизатора и в начале второго прохода. Огнеупорная стенка может также быть воздухоохлаждаемой (немного повышенное давление) для снижения коррозии труб под огнеупором. Используются также керамические плитки для защиты труб котла-утилизатора.

Высокотемпературная коррозия мембранных стенок котла и пароперегревателей может быть снижена с помощью снижения температуры дымовых газов

ниже 650°C перед пароперегревателями и (или) защиты поверхностей теплообмена керамическими плитками или специальными сплавами.

Основным преимуществом специальных сплавов по сравнению с керамическим покрытием на стенках печи является лучшая теплопередача к котлу-утилизатору, и в результате создается более низкая температура дымовых газов перед первыми конвективными пучками.

Альтернативой покрытию является установка композитных котельных труб. Композитные трубы состоят из двух труб, внутренней и наружной, соединенных с помощью металлургической связи. Они состоят из различных сочетаний сплавов. Такие технологии для котлов-утилизаторов мусоросжигательных заводов стали применяться с 1970-х годов.

Повышенное производство электроэнергии на тонну сжигаемых отходов может быть достигнуто с помощью повышения давления пара и (или) температуры. Эта повышенная эффективность уменьшает внешнее (например, на электростанциях) использование ископаемого топлива (экономия ресурсов) и соответственно выбросов CO<sub>2</sub>.

Возрастающие параметры пара без применения специальных антикоррозионных мер приводят к росту риска коррозии и соответствующих затрат на обслуживание и потерям в связи с уменьшением коэффициента использования установки.

Эта технология связана с возрастающим технологическим риском, и требуется высокий уровень квалификации для обслуживания.

Использование возрастающих параметров пара применимо ко всем мусоросжигательным устройствам, утилизирующим только электроэнергию, или когда доля тепловой энергии в комбинированном производстве тепловой и электрической энергии низкая, для повышения производства электроэнергии.

Технология имеет ограниченную применимость для процессов, которые имеют надежные варианты для поставки пара или тепловой энергии, так как здесь нет необходимости в повышении производства электроэнергии, с сопутствующим дополнительным техническим риском и затратами, и можно поставлять пар/тепловую энергию.

Использование покрытий и других специальных материалов применяется для снижения коррозии, когда используются возрастающие параметры пара и (или) отходы с высоким количеством коррозионных составляющих.

Существующие установки, которые сталкиваются с ростом теплоты сгорания в поставляемых отходах, могут получить выгоду от использования специальных материалов и покрытий, поскольку они могут снизить затраты на обслуживание и повысить производство электроэнергии.

Затраты на покрытия могут быть снижены за счет снижения затрат на обслуживание и получения дохода от продаж электроэнергии и повышения коэффициента использования.

Сообщалось, что затраты на покрытие составляли примерно 3000/м<sup>2</sup>. Уровень роста дохода зависит от полученных цен на энергию. Представленная ниже

таблица основана на реальных ценах на электрическую и тепловую энергию в Дании и на реальных эксплуатационных данных для современных мусоросжигательных заводов с комбинированным производством тепловой и электрической энергии с производительностью 34 т/ч. В таблице 4.1.15 представлены выработанная энергия и доход при различных параметрах пара.

**Таблица 4.1.15 ПРИМЕРЫ ВЫРАБОТАННОЙ ЭНЕРГИИ И ДОХОДА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ПАРАМЕТРАХ ПАРА ДЛЯ СИСТЕМЫ МУСОРОСЖИГАТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД – КОМБИНИРОВАННОЕ ПРОИЗВОДСТВО ТЕПЛОВОЙ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПАРА ПОВЫШЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ**

Параметры пара	Атм.	50	40	30
Выход генератора	МВт	19,6	18,517,3	
Производство тепла	МДж/с	71,2	72,2	73,5
Изменение производства электроэнергии	МВт	0	-1	-2,3
Изменение производства тепла	МДж/с	0	1	2,3
Экономика				
Коэффициент использования	ч/год	8000	8000	8000
Цена за электроэнергию	Евро/МВт/ч	47	47	47
Цена за тепловую энергию	Евро/МВт/ч	18	18	18
Годовое изменение дохода	Млн. евро/год	0,0	-0,25	-0,54

Согласно этому примеру, с учетом цен на энергию в Дании, рост давления пара с 40 до 50 атм. приводит к дополнительному ежегодному доходу приблизительно на 250000 евро. При расчете за период эксплуатации в 15 лет (при базовых темпах инфляции 2002 г.) это даст дополнительный доход приблизительно в 2,5 млн. евро.

В эти данные не включены дополнительные капитальные затраты, требующиеся для повышения давления с 40 до 50 атм. В этом случае эти дополнительные затраты считались незначительными (период 15 лет) по сравнению с дополнительным доходом, полученным за тот же период.

Изменение давления может означать полное изменение трубопроводов и клапанов системы, а также изменение барабана парового котла, что должно затем привести к необходимости получения нового разрешения в рамках Директивы об оборудовании, работающем под давлением.

Повышение цен за электроэнергию будет содействовать принятию технологии, так как это позволит ускорить период окупаемости инвестиций.

Пар с высокими параметрами:

Оденсе (Дания) 50 атм., 520°C с покрытием.

Завод для сжигания смешанных отходов в г. Ленцинг (федеральная земля Верхняя Австрия) AVE-RVL: циркулирующий кипящий слой, принимающий различные фракции отходов, включая приблизительно 60% отходов пластмасс, пар с давлением 78 атм. и 500°C.

Иври, Франция – 75 атм., 475°C.

Матаро, Испания – 60 атм., 380°C.

#### 4.1.3.9 Снижение давления в конденсаторе (т.е. повышение вакуума)

После того как пар покидает секцию низкого давления турбины, он конденсируется в конденсаторе, а тепло передается в охлаждающую жидкость. Конденсат из пара обычно рециркулирует и используется в качестве питательной воды котла-утилизатора.

Температура источника холода на выходе из турбины является важной для производительности турбины. Чем холоднее источник холода, тем выше снижение энтальпии, и, поэтому, тем выше генерирование энергии. В силу климатических условий, очевидно, что легче достичь этого низкого давления в условиях холодного климата. Это одна из причин, почему установки в северных местностях отличаются более высокой эффективностью, чем в южных страна.

Самые низкие температуры получены при конденсации пара с использованием либо воздуха, либо воды в качестве охлаждающей жидкости. Эти температуры соответствуют давлениям ниже атмосферного давления (т.е. вакууму).

Когда крупные сети районного теплоснабжения используются весь год с полной производственной нагрузкой мусоросжигательных заводов, как происходит в Швеции или Дании, источником холода является холодная вода, возвращаемая из районного теплоснабжения, которая иногда может быть очень низкой (например, 40 или 60°C, см. табл. 4.1.16 в разделе 4.1.3.16).

Вакуум не является “неограниченным. Как только пар проходит линию насыщения на диаграмме Мольте<sup>13</sup> он начинает становиться влажным, и процент влаги возрастает с расширением пара в турбине. Для того чтобы избежать повреждения конечных элементов турбины (эрозия под действием капель воды), влажность должна быть ограничена (часто около 10%).

За счет повышения вакуума возможен рост выработки электроэнергии.

В открытом контуре, т.е. в *прямоточном* охлаждающем гидроконденсаторе, принимая рост температуры в 10°C, необходимый расход воды должен составить около 180 м<sup>3</sup>/МВт/ч генерируемой энергии.

В замкнутом контуре, с башенным охладителем потребление воды (водяной пар) составляет приблизительно 2,5 или 3 м<sup>3</sup>/МВт/ч генерируемой энергии.

Как для открытой, так и для замкнутой системы может потребоваться добавка химикатов, или другие приемы для снижения обрастания в системе теплообмена, а также для возможного процесса очистки воды. Воздействия сброса намного больше для открытых систем.

При низком давлении в конденсаторе возрастает влажность пара, вследствие чего может возрастать износ турбины.

Конденсаторы с воздушным охлаждением дают шумовые выбросы. Поэтому важной является детальная конструкция (например, экранирование, уровень шума частотного преобразователя и т.д.)

Очистка поверхности конденсаторов является очень влажной для их эффективности, и она должна проводиться при низких температурах.

<sup>13</sup> Диаграмма Мольте, или *ix*-диаграмма – диаграмма для определения условий влажности (график зависимости температура – энтропия). Диаграмма может быть использована для расчетов точки росы.

Давление в конденсаторе/типы конденсаторов:

В случае воздухоохлаждаемого конденсатора и воздуха с температурой 10°C обычно в конденсаторе можно получить абсолютное давление от 100 до 85 мбар, в зависимости от поверхности конденсатора. Когда температура окружающего воздуха составляет 20°C, давление в том же самом воздухоохлаждаемом конденсаторе будет соответственно от 200 до 120 мбар. Конструкция представляет собой компромисс между обоснованной поверхностью теплообмена и низким давлением конденсации.

В случае **гидроконденсатора** (прямоточный охлаждающий конденсатор, открытый контур) при использовании речной воды при 10°C давление в конденсаторе составит около 40-80 мбар, поскольку теплообмен происходит легче с водой.

В случае **атмосферного башенного охладителя**<sup>14</sup> температура воды связана с температурой воздуха и с его гигрометрией (температура влажного шарика). Если температура влажного шарика равна 10°C, давление в конденсаторе будет около 60 мбар. Шлейф пара над башней может уменьшиться (но не исчезнуть) с помощью конструкции башни, и будет небольшой рост давления конденсатора. Этот тип охладителя может вызвать риск в отношении легионеллы вследствие испарения воды и непосредственного контакта. Этот тип применяется главным образом в случае невысоких требований к охлаждению.

Согласно расчетам, произойдет рост производства электрической энергии с 24,1% до 25,8% (7%), если вакуум улучшится со 100 до 40 мбар.

Когда генерация электроэнергии является более низким приоритетом (например, когда возможны поставки тепловой энергии), давление на выходе из турбины может быть выше атмосферного. В этом случае говорят, что турбина работает с противодавлением, а (остающийся) пар конденсируется в конденсаторе.

Воздухоохлаждающие конденсаторы часто бывают единственным возможным применимым типом.

Гидроконденсаторы с открытым контуром годятся только для мест, где имеются обильные поставки воды, которые могут выдержать тепловое воздействие последующего сброса.

Выигрыш в производстве электрической энергии больше при снижении давления в конденсаторе, и, поэтому, способ более полезен для конденсационных турбин.

Использование способов снижения давления будет наиболее экономичным, когда имеются высокие цены на электроэнергию.

Для воздухоохлаждаемого конденсатора большее падение давления требует оборудования с большей площадью поверхности и высококачественные двигатели вентиляторов, что приводит к возрастанию затрат.

<sup>14</sup> Охлаждающая башня или башенный холодильник. Охлаждающей жидкостью парового конденсатора является вода. Эта вода находится в замкнутом контуре, и она сама охлаждается при контакте с окружающим воздухом в охлаждающей башне. В этой башне часть воды испаряется. Это приводит к образованию шлейфа из водяных паров над башней.

#### 4.1.3.10 Выбор системы охлаждения

Выбор системы охлаждения, которая лучшего всего годится для условий местной окружающей среды, помогает в снижении общих воздействий на окружающую среду.

Имеется три основных системы охлаждения:

- Водяное охлаждение с помощью конвекции. В этой системе используется поверхностная вода, которая снова сбрасывается на поверхность после того, как она нагрелась на несколько градусов. Для этой системы охлаждения требуется много воды, и это приводит к большой тепловой нагрузке для местной поверхностной воды. Она используется главным образом, если имеются полноводные реки или на побережье. Уровень шума низкий. Обычно необходимо оборудование для очистки воды, что может привести к ущербу для рыбы и другой биоты, так как вода просеивается/фильтруется. Следует проявлять осторожность при использовании такой системы.

- Испарительное водяное охлаждение. Вода используется для охлаждения конденсатора. Она не сбрасывается, но подвергается рециклингу после прохода испарительной охлаждающей башни, где она охлаждается за счет испарения небольшой части воды. Небольшой поток воды должен сбрасываться для поддержания качества воды в системе.

Имеется три основных технических варианта испарительного охлаждения:

- охлаждающие башни с воздушным дутьем, когда воздух, требующийся для испарения воды, подается с помощью вентилятора, с соответствующим потреблением электроэнергии

- охлаждающие башни с естественной конвекцией, когда принудительный воздушный поток вызывается (небольшим) ростом температуры воздуха (крупные бетонные охлаждающие башни высотой 100 м)

- гибридные охлаждающие башни, когда часть тепла в воде передается воздуху за счет охлаждения пучков (“воздушное охлаждение”), таким образом, снижается величина шлейфа выбросов водяного пара.

Уровень шума систем с принудительным дутьем высокий, а уровень шума в конвекционной системе средний.

Этот тип устройства для охлаждения вызывает риск в отношении легионеллы вследствие испарения воды и непосредственного контакта.

- Воздушное охлаждение. Здесь пар конденсируется в теплообменнике типичной конструкции (например, “модель кемпинговой палатки”) с воздухом. В этих конденсаторах используются большие количества электроэнергии, так как требуется движение воздуха под действием крупных вентиляторов.

Уровень шума выше. Требуется регулярная очистка поверхности конденсатора.

Влияние на электрический КПД зависит от температуры воды, температуры воздуха и влажности воздуха (температура влажного шарика), но обычно конвективное охлаждение водой лучше, с последующим испарительным охлаждением, и потом воздушным охлаждением. Различия в эффективности между

конвективным охлаждением и воздушным охлаждением обычно находится в диапазоне 2-3%.

См. также “Справочный документ о применении наилучших доступных технологий для промышленных систем охлаждения”.

В зависимости от выбранного типа (см. описание выше) возможно:

- снижение паразитного электропотребления установкой
- снижение тепловых воздействий сбрасываемой теплой воды
- снижение шумовых воздействий
- снижение визуальных воздействий.

Выбор системы охлаждения зависит от основных местных экологических проблем и проблем со здоровьем и относительной важности воздействий между средами, связанных с каждой системой.

Водяное охлаждение с помощью конвекции (тип 1 выше) не применимо в условиях сухой местности.

#### **4.1.3.11 Оптимизация конструкции котла-утилизатора**

Утилизируемое тепло – это энергия, которая передается от дымовых газов пару (или горячей воде). Остающаяся энергия дымовых газов на выходе из котла обычно теряется (если только не используются теплообменные системы в направлении выходного потока). Поэтому, для того чтобы максимально утилизировать энергию, обычно желательно снизить температуру дымовых газов на выходе из котла-утилизатора.

Обрастание котла-утилизатора оказывает два воздействия на утилизацию энергии. Первый связан с тем, что снижаются коэффициенты теплообмена, и, поэтому происходит уменьшение утилизации тепла. Второй и основной связан с тем, что происходит блокирование пучков теплообменник, и, поэтому, происходит останов установки. Еще один нежелательный эффект обрастания котла связан с тем, что возрастает риск коррозии под осажденным слоем. В общем, котел-утилизатор конструируется для ручной очистки раз в год, как максимум, для ограничения обрастания котла (см. раздел 4.1.3.19).

Хороший котел-утилизатор должен иметь достаточную поверхность теплообмена, но также и хорошо сконструированную геометрию, для того чтобы ограничить обрастание. Это можно достигнуть в вертикальной, горизонтальной или комбинированной вертикально-горизонтальной концепциях котла-утилизатора. Ниже приведены примеры надлежащей конструкции:

- скорости газа должны быть низкими (для предотвращения коррозии) и однородными (для предотвращения появления областей с высокой скоростью и для предотвращения застоя, который может вызвать обрастание) по всему пространству котла-утилизатора
- для поддержания низких скоростей газа проходы должны быть широкими в поперечном сечении, а их геометрия должна быть “аэродинамической”
- первый проход котла-утилизатора не должен содержать теплообменников и иметь достаточные размеры (в особенности высоту), для того чтобы появи-

лась возможность снижения температуры дымовых газов ниже 650-700°C. Однако не может быть охлаждения с помощью топочных экранов (работающих с помощью конвекции). (Эти экранные трубы, фактически, охватывают весь котел, за исключением экономайзера. В паровых котлах экранные трубы обычно являются частью испарителя). Радиационные теплообменники также могут быть размещены в открытых проходах при более высоких температурах

- первые трубные пучки не должны устанавливаться в местах, где все еще налипает летучая зола, т.е. там, где температура слишком высокая
- зазоры между трубами пучков должны быть достаточно широкими для предотвращения “нарастания” между ними (из-за обрастания котла)
- циркуляция воды и пара в мембранной стенке и конвективных элементах должна быть оптимальной, для того чтобы предотвратить горячие точки, неэффективное охлаждение дымовых газов и т.д.
- горизонтальный котел-утилизатор должен конструироваться так, чтобы можно было избежать предпочтительной траектории для дымовых газов, приводящей к стратификации температуры и неэффективному теплообмену
- должны быть предусмотрены надлежащие устройства для очистки котла-утилизатора от обрастания
- оптимизация системы конвективного теплообмена (противоток, параллельный поток и т.д.), для того чтобы оптимизировать поверхность в соответствии с температурой экранных трубок и предотвратить коррозию.

Большой коэффициент использования установки и лучший теплообмен дают возможность повысить общие возможности утилизации энергии.

Конструкция со снижением обрастания котла-утилизатора снижает также пребывание пыли в температурных зонах, которые могут вызвать риск образования диоксинов.

Экономия, достигаемая при эксплуатации за счет снижения обслуживания и возрастающих продаж энергии, может привести к очень коротким периодам окупаемости, и может затем оправдать применение такой концепции на новых установках.

Существующие установки, на которых имеется намерение заменить котлы-утилизаторы, или на которых КПД котлов-утилизаторов низкая (обычно ниже 75% эффективность теплопередачи для муниципальных установок), также заслуживают учета этих факторов при проектировании новой системы.

#### ***4.1.3.12 Использование вертикально-водотрубного котла с полностью экранированной топкой и развитой конвективной испарительной поверхностью нагрева***

Транспортирование очень горячих газов в дымоходе, футерованном огнеупорами, может быть осложнено. Это может привести к образованию клейких и временами расплавленных отложений. Для того чтобы избежать этого, иногда требуется снижать температуру газ с помощью увеличения избытка воздуха, результатом чего станет потеря эффективности.

В условиях интегрированного с печью котла-утилизатора последний полностью охватывает печь без промежуточной системы трубопроводов. Поэтому котельные трубы могут охлаждать стенки печи. Трубы защищены огнеупором и охлаждают их (обоюдная выгода). Подходящая конструкция труб и огнеупоров позволяет осуществлять точное регулирование охлаждения печи. Эффективное охлаждение печи является важным элементом в предотвращении забивания печи, особенно в случае повышенной теплоты сгорания.

Улучшается утилизация тепла за счет снижения тепловых потерь радиацией на выходе из печи (для дополнения действия наружной изоляции).

Имеется возможность установления систем СНКВ для подавления оксидов азота.

Снижается потребность в избытке воздуха, и, следовательно, уменьшается объем дымовых газов.

Предотвращается забивание печи, и, поэтому, нет необходимости в остановках для ручной очистки (например, с помощью пневматической дрели).

Годится для всех типов колосниковых решеток. Неприменимо для вращающихся и качающихся печей. Необходимо для печей с производительностью выше 10 т/ч.

Обычно вариант менее дорогой, чем отдельный котел-утилизатор для установок с очень малой производительностью (т.е. 1-2 т/ч).

Обычная практика для современных проектировщиков.

Большинство современных установок конструктивно выполняются таким образом (за исключением вращающихся и качающихся печей).

#### ***4.1.3.13 Использование водяного экрана в радиационной секции***

Этот способ был описан в Разделе 4.1.2.22 в контексте его выгоды как способа, связанного со сжиганием.

#### ***4.1.3.14 Использование пароперегревателя пластинчатого типа***

Пароперегреватели пластинчатого типа представляют собой плоские панели из загнутых труб, установленных параллельно с широкими зазорами между собой и параллельно потоку газа. Вход защищен с помощью оболочки, выполненной из нержавеющей стали, удерживаемой с помощью специального цемента.

Теплообмен осуществляется путем радиации вместо конвекции; вследствие этого такие пароперегреватели можно устанавливать в более горячих местах, чем трубные пучки (в дымовых газах с температурой до 800°C в случае ТБО), с ограниченным обрастанием и пониженной эрозией и коррозией.

В случае этих пластинчатых пароперегревателей обрастание можно стабилизировать, когда толщина будет составлять около 2 см. Отсутствует блокирование, поэтому, значительно снижается необходимость в ручной очистке и связанных с ней остановках.

Вследствие радиационного обмена температура может оставаться постоянной на протяжении периода эксплуатации один год. Значительно снижаются проблемы эрозии и коррозии.

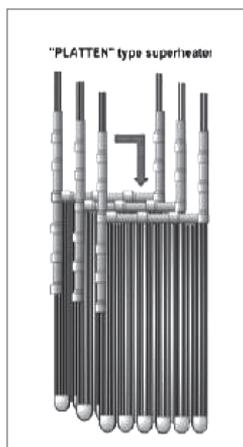


Рисунок 4.1.3 - Схематическая диаграмма пароперегревателя "пластинчатого" типа

Эти пароперегреватели пластинчатого типа достичь высокой температуры перегретого пара при хороших показателях коэффициента использования и стабильности.

Их можно устанавливать на любом котле-утилизаторе с двумя или тремя открытыми проходами.

Они дешевле, чем пучки для последней стадии пароперегревателей, когда они устанавливаются в местах с более высокой температурой дымовых газов (2-1 или 3-й проход).

При использовании могут возрасти затраты на строительство, но необходимо провести сравнение с дополнительным теплообменником.

87

#### **4.1.3.15 Снижение температуры дымовых газов после котла-утилизатора**

Дополнительная возможность теплообмена в котле-утилизаторе может повысить возможности использования утилизированного тепла, и, следовательно, может содействовать повышению энергоэффективности. Насколько можно снизить температуру дымовых газов в торце котла-утилизатора зависит:

- от уровня температуры ниже 180°C, когда повышается риск коррозии (так как постепенно приближается температура точки росы различных кислот)
- от того, требуется ли тепло дымовых газов для работы последующего оборудования для очистки дымовых газов
- от того, будет ли полезно использование дополнительного тепла, утилизированного при низкой температуре.

В случае сжигания ТБО риск коррозии от дымовых газов связан не только с HCl, но и с оксидами серы, которые часто первыми оказывают воздействие на сталь. Температура точки росы зависит от концентраций кислых газов в составе дымовых газов. В чистом газе она может быть около 100°C, в неочищенном газе – 130°C или выше.

Ключевой температурой, которую следует рассматривать с точки зрения коррозии, является не температура дымовых газов, а (более низкая) температура поверхности (охлаждаемых) металлических труб теплообменника (который должен быть холоднее, чем дымовые газы).

Теплообменники, которые изготовлены из специальных материалов (эмаль, углерод), снижают проблемы низкотемпературной коррозии. Примером является мусоросжигательный завод компании AVI в Амстердаме, на котором теплообменник размещен после системы распылительного абсорбера и электростатического пылеуловителя. Дополнительным преимуществом является соответствующее снижение температуры мокрой газоочистки, что повышает эффективность системы очистки дымовых газов.

Утилизированное тепло (температурный уровень порядка 120°C) можно использовать для целей отопления и (или) для подогрева питательной воды котла-утилизатора и т.д.

При системах очистки дымовых газов, для которых требуется, чтобы их температура была выше определенной рабочей температуры (например, рукавные фильтры, СКВ), любое снимаемое тепло должно быть снова добавлено позднее в технологическом процессе. Такой подогрев, вероятно, будет связан с дополнительным потреблением первичных топлив или внешней электроэнергии.

Низкая температура газа на выходе из котла-утилизатора вызывает риски коррозии (внутренней и внешней). Могут потребоваться специальные защитные материалы.

Требования к необходимой площади могут ограничить внедрение на существующих установках.

Снижение температуры дымовых газов на выходе из котла-утилизатора ограничивается точкой росы кислых газов, что является очень важным ограничением во многих системах очистки дымовых газов. Кроме того, для системы очистки дымовых газов может потребоваться рабочая температура или разность температур, например:

- в случае процессов с полусухой газоочисткой минимальная температура на входе определяется тем фактом, что инжекция воды снижает температуру газов. Обычно она должна составлять 190-200°C, и может быть выше
- процесс с использованием сухой газоочистки обычно допускает температуру 130-300°C. В случае сухого бикарбоната натрия минимальная требуемая температура составляет 170°C, необходимая для достижения быстрого увеличения площади поверхности бикарбоната натрия, и, следовательно, в преобразование его в более эффективный карбонат натрия (так называемый эффект “лопающейся кукурузы” или “диатомовой земли”). Потребление реагента бывает различным в соответствии с температурой

Мокрые системы газоочистки не имеют теоретической минимальной температуры на входе – чем ниже температура газа на входе в скруббер, тем ниже потребление воды скруббером.

Имеется возможность планирования цикла таким образом, чтобы избежать

условий коррозии. В Швеции, например, обычным явлением стала установка отдельного “утилизационного котла” после основного котла или электрофильтра. Он часто охлаждается с помощью отдельного контура горячей воды и теплообменника системы районного теплоснабжения. Температура дымовых газов на выходе обычно составляет около 130-140°C, а температура воды на входе не должна быть ниже 115-120°C для предотвращения коррозии. При этих уровнях температуры трубы из обычной углеродистой стали можно использовать без проблем с коррозией.

Снижение температуры дымовых газов после котла-утилизатора применимо только:

- когда утилизированное тепло можно поставлять и использовать для полезной ели
- когда последующая по ходу система очистки дымовых газов не подвергается негативному воздействию.

Необходимо провести тщательный анализ совместимости этого способа с работой последующей системы газоочистки. Это в особенности относится к рукавным фильтрам, СКВ или другим система, для которых требуются определенные рабочие температуры или условия.

Система с наибольшей вероятностью будет экономически жизнеспособна, когда цена, выплачиваемая за дополнительное утилизируемое тепло, будет высокая.

Поставка дополнительного утилизируемого тепла.

#### **4.1.3.16 Использование скрубберов с конденсацией дымовых газов**

В общих словах, способ связан с использованием охлаждаемого скруббера, который конденсирует водяные пары из дымовых газов систем мокрой, полусухой и сухой газоочистки обычно в качестве хвостовой части решения. Охлаждение может быть обеспечено с помощью теплообмена (с использованием системы теплового насоса) с возвратом воды районного теплоснабжения.

Использование скрубберов с конденсацией позволяет получить дополнительную энергию из дымовых газов для возможного использования или поставки.

Количество дополнительной утилизированной энергии (таблица 4.1.16) зависит от температуры обратной воды в системе районного теплоснабжения:

**Таблица 4.1.16 СООТНОШЕНИЕ МЕЖДУ ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ И ТЕМПЕРАТУРОЙ ОБРАТНОЙ ОХЛАЖДАЮЩЕЙ СРЕДЫ (РАЙОННОЕ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ)**

Температура обратной воды в системе районного теплоснабжения (°C)	Дополнительная эффективность использования энергии
40	14%
50	7%
60	0%

Эффект осушения дымовых газов снижает шлейф видимости выбросов. Когда энергия используется для подогрева шлейфа выбросов, количество энергии, требующейся для достижения данного снижения видимости шлейфа выбросов, будет ниже.

Выбросы аммиака в воздух (например, от СНКВ) можно снизить. Аммиак улавливается в воде скруббера. С помощью использования поглотителя аммиака на установке для очистки сточных вод имеется возможность регенерировать аммиак для использования в качестве реагента для восстановления  $\text{NO}_x$  – таким образом, заменяя необходимость в покупке нового аммиака, хотя сообщают, что системы улавливания сложные и дорогие.

Конденсированная вода может использоваться для обеспечения основных потребностей скруббера в питательной воде; поэтому снижается потребление воды.

В конденсированной воде будут содержаться загрязняющие вещества (удаленные из дымовых газов), что потребует очистки на установке для очистки сточных вод перед сбросом. Когда применяется предшествующая система мокрой газоочистки, стоки от скруббера с конденсацией дымовых газов можно очищать на том же объекте.

Низкая температура на выходе из дымовой трубы будет снижать термическую плавучесть шлейфа загрязнений, и, следовательно, снижать рассеяние. Это можно преодолеть с помощью использования более высокой и (или) с меньшим диаметром дымовой трубы.

Большая часть применений связана:

- с тем, когда районное теплоснабжение дает надежную низкотемпературную обратную воду (это существенно и обычно бывает только в условиях холодного климата)

- с тем, когда проблемой является видимость шлейфа загрязнений
- с тем, когда цены, выплачиваемые за дополнительную утилизируемую энергию, оправдывают дополнительные капитальные затраты.

Эта система менее применима:

- когда не имеется потребитель дополнительно утилизируемой энергии
- когда источник охлаждения (обратная вода в системе районного теплоснабжения) является менее надежным (т.е. условия жаркого климата).

Типы отходов:

Вследствие того, что способ применим после стадии очистки дымовых газов, в принципе, он может применяться к любому типу отходов.

Производительность установки:

Известно, что способ применим к муниципальным установкам с производительностью годовой 37000 т (Дания), 175000 и 400000 т (Швеция).

Общие дополнительные инвестиции для стадии конденсации грубо оцениваются в 3 млн. евро на четыре котла-утилизатора, обслуживающие комплекс мусоросжигательный завод – установка с комбинированным производством тепловой и электрической энергии с производительностью по отходам 400 тыс. т/год.

#### 4.1.3.17 Использование тепловых насосов для повышения утилизации тепла

Тепловые насосы являются средством объединения различных источников относительно низкотемпературного тепла для обеспечения потока с повышенным уровнем температуры. Это позволяет, например, эксплуатировать скрубберы с конденсацией дымовых газов (см. раздел 4.1.3.16) и поставлять дополнительную тепловую энергию потребителям.

Появляется возможность утилизации дополнительной энергии с помощью использования скрубберов с конденсацией дымовых газов.

Были сообщения о количестве утилизируемой энергии в размере 23% при использовании.

На основе примера установки в г. Умео в Северной Швеции (175 тыс. т/год) имеются следующие оценки энергетического баланса:

Энергобаланс, включая конденсацию дымовых газов и компрессорный тепловой насос:

Подводимая тепловая мощность	65 МВт
Мощность генератора электроэнергии	15,1 МВт
Собственное потребление электроэнергии	5,4 МВт
Выработка электроэнергии, нетто	9,7 МВт
Производство горячей воды	54 МВт
Собственное потребление для подогрева	0,5 МВт
Горячая вода для районного теплоснабжения	53,5 МВт
Общая электрическая и тепловая энергия на продажу	52 МВт

Без конденсации дымовых газов и тепловых насосов энергетический баланс оценивается следующим образом:

Подводимая тепловая мощность	65 МВт
Выработка электроэнергии, нетто	13 МВт
Горячая вода для районного теплоснабжения	39 МВт
Общая электрическая и тепловая энергия на продажу	52 МВт

Тепловые насосы сами требуют энергию для работы.

В условиях мокрого электрофильтра для тепловых насосов с приводом от компрессора отношение между производством тепловой энергии и мощностью компрессора (отношение тепловой энергии к электрической) может составить 5.

Большинство применений бывает, когда:

- районное теплоснабжение дает относительно надежный низкотемпературный доход
- в системе районного теплоснабжения используется большая часть доступной тепловой энергии
- цены, выплачиваемые за дополнительную утилизируемую энергию, оправдывают дополнительные капитальные затраты
- используется мокрый скруббер
- имеется проблема с видимостью шлейфа загрязнения.

Способ менее применим, когда не имеется пользователь дополнительно утилизированной энергии.

Типы отходов:

Вследствие того, что способ применяется после стадий очистки дымовых газов, в принципе, способ может быть применен к любому типу отходов.

Производительность установки:

Известно, что способ применяется для муниципальных установок с производительностью от 175000 до 400000 т/год.

Новые/существующие установки:

Способ применяется вблизи хвоста системы очистки дымовых газов и, поэтому, может быть применен также к новым и существующим процессам.

Пример тепловых насосов для мусоросжигательных заводов в Швеции:

- Установка на 4,5 млн. евро в 1988 г.
- Установка на 5,5 млн. евро в 2002 г. (мощность 12 МВт)
- доход с 1998 г. = 24,5 млн. евро.

Дополнительные инвестиции на заводе в Умео для конденсационной стадии + теплового насоса с приводом от компрессора с электрическим двигателем + системы очистки воды оценены в 4 млн. евро. При использовании данных для тепловой и электрической энергии, приведенных данной работе, срок окупаемости для этих инвестиций составит около 2,4 лет.

Движущие силы для внедрения – дополнительные продажи тепловой энергии и доход.

#### ***4.1.3.18 Специальные конфигурации водо-парового цикла с внешними энергоблоками***

Вследствие коррозионного характера дымовых газов эффективность производства электроэнергии на муниципальных мусоросжигательных заводах ограничена максимальной допустимой температурой материалов труб котла-утилизатора и соответствующей максимальной температурой пара.

Без использования специальных материалов для защиты котельных труб от коррозии параметры пара в муниципальных установках для сжигания отходов обычно бывают ниже и равны 40 атм. и температуре 400°C. На установках для сжигания опасных отходов (на которых нагрузка в неочищенном газе по хлоридам и др. вредным веществам) используются более низкие температуры и давления (например, 30 атм. и 280°C) для предотвращения чрезмерных уровней коррозии и соответствующих высоких затрат на обслуживание. Принятие более высоких параметров пара позволит больше тепловой энергии передавать среде при более высокой температуре. Поэтому термодинамическая эффективность возрастает, и, следовательно, возрастает электрическая мощность на тонну отходов. Однако затраты на материалы, требующиеся для защиты котельных труб, обычно бывают значительными по отношению к доходу, получаемому от дополнительных продаж электроэнергии (см. Раздел 4.1.3.8).

Вариантом, который позволяет избежать повышенных температур мате-

риалов котельных труб, является перегрев пара с использованием очищенных дымовых газов, в которых содержится меньше (или нет) хлора. Это возможно, если установка для сжигания ТБО может быть объединена с электростанцией с достаточной мощностью.

Пример: Завод по сжиганию ТБО в г. Моердийк, Нидерланды

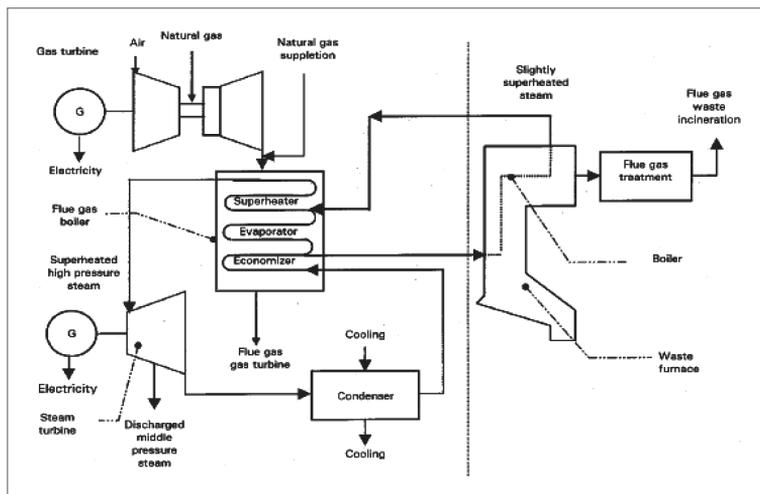


Рисунок 4.1.4. - Объединение установки для сжигания отходов с газотурбинной электростанцией

Пояснения к рисунку:

Gas turbine – газовая турбина

Air – воздух

Natural gas – природный газ

Natural gas suppletion – добавка природного газа

Slightly superheated steam – немного перегретый пар

Flue gas waste incineration – сжигание отходов от очистки дымовых газов

Electricity – электроэнергия

Flue gas boiler – котел-утилизатор на дымовых газах

Superheater – пароперегреватель

Evaporator – испаритель

Economizer – экономайзер

Flue gas treatment – очистка дымовых газов

Superheated high pressure steam – перегретый пар высокого давления

Boiler – котел-утилизатор

Flue gas turbine – турбина на дымовых газах

Cooling – охлаждение

Waste furnace – печь для сжигания отходов

Steam turbine – паровая турбина

Discharged middle pressure steam – отбор пара среднего давления

Condenser – конденсатор.

Эта установка для сжигания отходов объединена с соседней электростанцией, работающей в режиме комбинированного цикла на природном газе, как указано выше. Пар с давлением 100 атм., слегка перегретый до 400оС подается в котлы-утилизаторы, работающие на отходящих газах, газотурбинной установки, где он перегревается приблизительно до 545оС.

Как установка для сжигания ТБО, так и газотурбинная электростанция имеют три отдельные линии. Конструкция обеих установок, объединяющая схемы технологических процессов, дает возможность всем линиям по сжиганию и газовой турбине работать независимо, хотя в этих обстоятельствах будет более низкая энергоэффективность.

Пример: Сходная конфигурация может быть использована в сочетании установки для сжигания отходов с угольной электростанцией. На угольной электростанции перегревается пар установки для сжигания ТБО. Для того чтобы сделать это, давление пара, производимого на установке для сжигания ТБО, должно быть выше, чем обычно.

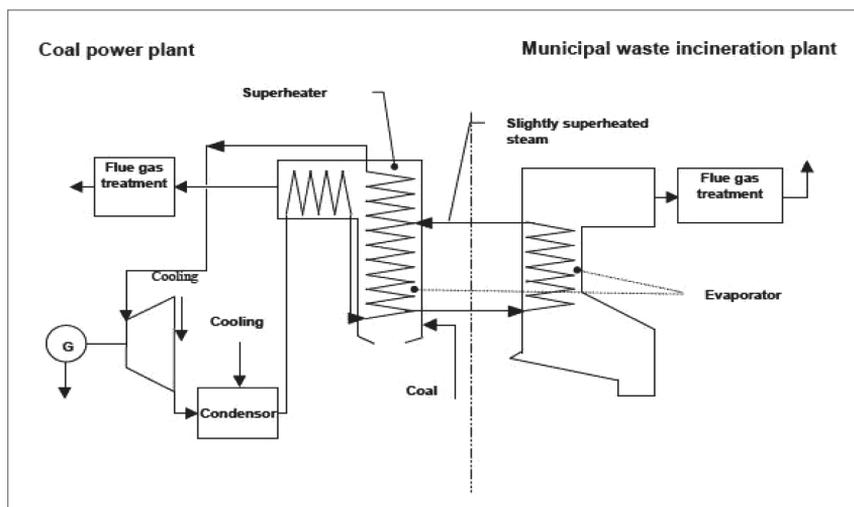


Рисунок 4.1.5. - Установка для сжигания ТБО в сочетании с угольной электростанцией

Пояснения к рисунку:

Coal power plant – угольная электростанция

Flue gas treatment – очистка дымовых газов

Superheater – пароперегреватель

Municipal waste incineration plant – установка для сжигания ТБО

Slightly superheated steam – слегка перегретый пар

Cooling – охлаждение

Condenser – конденсатор

Coal – уголь

Evaporator – испаритель.

Конфигурация была применена в 1970-е годы, с помощью объединения установки для сжигания ТБО в Мюнхене с крупной угольной электростанцией. Так как такая объединенная система функционирует эффективно, когда как котел, работающих на угле, так и установка для сжигания отходов работают одновременно, в то время такая комбинация на считалась эффективной по стоимости.

Повышение общей энергоэффективности с помощью поставки тепловой энергии синергическому пользователю.

С конфигурациями такого типа процесс сжигания не должен адаптироваться к высоким температурам пара, и, поэтому, удастся избежать трудностей, связанных с коррозией и коэффициентом использования. Однако иногда давление может быть повышено, для того чтобы получить дополнительную выгоду от интеграции. В таких случаях повышенная температура пара в испарителе может привести к дополнительным затратам на обслуживание. Например, при 40 атм. температура насыщения составляет 250°C, а при 100 атм. – 311°C, разница составляет 61°C. Отметим, что механизмы коррозии возрастают экспоненциально с внешней температурой на стенках трубок котла, когда они вступают в контакт с дымовыми газами.

Высокие цены на электроэнергию содействуют применению таких способов, которые повышают эффективность генерации электрической энергии. В этом случае это окажет воздействие на повышение относительной ценности пара/тепловой энергии, поставляемой установкой для сжигания отходов на соседнюю электростанцию.

#### ***4.1.3.19 Эффективная очистка конвективных пучков***

Чистые котельные трубы и другие теплообменные поверхности способствуют лучшему теплообмену. Это может также снизить риск образования диоксинов в котле-утилизаторе.

Очистка может проводиться в течение работы котла-утилизатора и в течение его остановов и в периоды обслуживания. Размеры котла-утилизатора и конструкция теплообменника оказывают влияние на режим очистки.

Способы очистки при работе котла-утилизатора включают:

- механическое простукивание
- сдувание сажи с помощью инжекции пара
- распыление водой высокого или низкого давления (главным образом на стенках)
- ультразвук и инфразвук
- дробеочистка
- очистка генератором ударных волн
- инжекция воздуха высокого давления (от 10 до 12 атм.)

Способы очистки при останове включают:

- периодическую ручную очистку (обычно раз в год)
- химическую очистку.

Кроме того, может быть также, выгодно предотвратить повышенную температуру (выше 650°C) газов (когда летучая зола является более липкой, и, следовательно, с большей вероятностью прилипает к поверхностям), вступающими в контакт с конвективными пучками теплообменника.

Повышенный теплообмен повышает утилизацию энергии.

Хотя системы газоочистки можно использовать для поглощения или деструкции PCDD/F, риск повторного образования можно снизить с помощью эффективной очистки. Это связано с тем, что снижается количество времени, когда пыль (и другие материалы, которые могут содействовать их образованию) находится при температурах в диапазоне от 450 до 250°C, когда скорости реакции самые высокие.

С помощью сдувания сажи путем инъекции пара большая часть энергии будет утилизироваться самим котлом-утилизатором (80-90%).

#### **4.1.4 Очистка газов**

##### **4.1.4.1 Факторы, учитываемые при выборе систем очистки дымовых газов**

###### **4.1.4.1.1 Общие факторы**

Имеется следующий (неисчерпывающий) перечень общих факторов, требующих рассмотрения при выборе систем очистки дымовых газов:

- тип отходов, их состав и колебания
- тип процесса сжигания, и его производительность
- расход и температура дымовых газов
- содержание дымовых газов, величина и скорость изменений в составе
- целевые предельные значения выбросов
- ограничения на сброс водных стоков
- требования к видимости шлейфа загрязнений
- наличие земли и ее доступность
- наличие и затраты на удаление накопленных/утилизированных остатков
- совместимость с любыми существующими элементами процесса (существующие установки)
  - наличие и затраты на воду и другие реагенты
  - возможности поставок энергии (например, поставка тепловой энергии от скрубберов с конденсацией дымовых газов)
  - наличие субсидий для поставляемой энергии
  - допустимые платежи за размещение для поступающих отходов (существуют как рыночные, так и политические факторы)
  - снижение выбросов с помощью основных методов
  - шумовые выбросы
  - размещение различных устройств для очистки дымовых газов, если возможно со снижением температуры дымовых газов от котла-утилизатора до дымовой трубы.

#### 4.1.4.1.2 Оптимизация энергии

Некоторые технологии очистки дымовых газов могут внести значительную добавку в общую потребность в энергии процесса сжигания отходов. Необходимо учесть дополнительную потребность в энергии, связанную с применением более низких предельных значений выбросов. Можно сделать следующие ключевые наблюдения:

- снижение выбросов пыли, включая золу котла-утилизатора (и металлы, отфильтрованные с пылью), обычно требует дополнительной фильтрации и повышает потребление энергии

- снижение выбросов  $\text{NO}_x$  до значений ниже  $100 \text{ мг/м}^3$  чаще всего достигается с использованием СКВ, которое обычно используется только в системе с низким содержанием пыли при сжигании отходов, расположенного на хвосте системы очистки дымовых газов. Поэтому обычно требуется некоторое количество дополнительной энергии для подогрева дымовых газов. В случае очень низких уровней  $\text{SO}_x$  в неочищенных дымовых газах возможно использование СКВ без подогрева. Энергия, требующаяся для работы дополнительной очистки дымовых газов (для выполнения требований по очень низким предельным значениям выбросов), если она поставляется из энергии, вырабатываемой в этой установке для сжигания, приведет к снижению энергии, доступной для поставок.

- температура на выходе из котла оказывает ключевое влияние на потребность в энергии системы очистки дымовых газов; если температура будет ниже температуры точки росы кислых газов, потребуются дополнительная энергия для подогрева дымовых газов

- в общем, размещают элементы системы очистки дымовых газов таким образом, чтобы те элементы, для которых требуются самые высокие рабочие температуры, предшествовали тем элементам, которые работают при более низких температурах; результатом этого будет более низкая общая потребность в энергии (но этого нельзя достичь в некоторых случаях, например, для обычно требуется чистый газ, и этот элемент должен размещаться после стадий очистки с более низкой температурой.

#### 4.1.4.1.3 Общая оптимизация и подход “всей системы”

Так же, как и при рассмотрении энергетических аспектов (см. разделы по энергетике выше), имеется польза от рассмотрения системы очистки дымовых газов как единого целого. Это особенно важно для удаления загрязняющих веществ, поскольку элементы системы часто взаимодействуют, обеспечивая основное уменьшение выбросов некоторых загрязняющих веществ, и оказывая дополнительное воздействие на другие. В зависимости от позиции в последовательности в системе газоочистки получены различные значения эффективности. Обычными являются многофункциональные устройства, например:

- Если рукавный фильтр используется после инъекции реагента, то в дополнение к его обеспыливающему эффекту, он действует как дополнительный ре-

актор. Вследствие падения давления через тканевый материал происходит распределение дымовых газов на фильтрующем материале, в котором содержится некоторое количество осажденного реагента, и вследствие низкой скорости газов время пребывания продолжительное. Поэтому рукавный фильтр может содействовать очистке от кислых газов, металлов в газообразной форме, таких как ртуть и кадмий, и от стойких органических загрязнителей (СОЗ), таких как ПАУ (полициклические ароматические углеводороды), РСВ (полихлорбифенилы), диоксины и фураны

- В дополнение к очистке от кислых газов мокрые скрубберы могут помочь в улавливании некоторых твердых частиц, а в случае достаточно низкого значения рН или при использовании реагентов и ртути
- СКВ для снижения выбросов оксидов азота обладает дополнительным эффектом деструкции диоксинов при соответствующих конструктивных решениях
- Адсорбция активированным углем и буроугольным коксом оказывает действие на диоксины, а также на ртуть и другие вещества.

#### **4.1.4.1.4 Выбор технологии для существующих или новых установок**

Общая оптимизация и взаимодействие между элементами систем газоочистки (а также остальными частями процесса сжигания отходов) важны как для новых, так и для существующих установок. В случае существующих установок количество вариантов может более жестко ограничено, чем в случае новых установок. Комментарии в отношении совместимости между процессами можно найти в разделах, относящихся к индивидуальным технологиям системы газоочистки.

#### **4.1.4.2 Снижение выбросов пыли**

Применение системы для удаления пыли из дымовых газов обычно считается важным для установок, предназначенных для сжигания отходов. В этом разделе рассматривается размещение стадии удаления пыли перед другими последующими стадиями газоочистки (т.е. *предварительное обеспыливание*) или после других элементов системы газоочистки, как заключительная стадия доочистки дымовых газов. В некоторых случаях применяется двойная фильтрация, она также рассмотрена в этом разделе.

##### **4.1.4.2.1 Применение стадии предварительного обеспыливания перед другими видами очистки дымовых газов**

В этом разделе рассматривается расположение стадии удаления пыли, обычно после предварительного обеспыливания в районе котла-утилизатора, но перед другими последующими стадиями газоочистки.

На установках для сжигания отходов используются следующие системы обеспыливания:

- циклоны и мультициклоны
- электрофильтры
- рукавные фильтры.

Индивидуальные технологии уже были описаны в работе.

Снижение выбросов в потоке дымовых газов с помощью снижения нагрузки по твердым частицам на последующие процессы очистки дымовых газов.

Отделение летучей золы от остатков системы очистки позволяет:

- снизить количество образующихся в системе остатков
- отделить очистку летучей золы для возможного рециклинга.

Отдельный сбор компонентов дымовых газов не даст какой-либо выгоды для окружающей среды, если отделенные остатки затем снова смешаются. Поэтому требуется рассмотрение аспектов последующей очистки для оценки возможных реальных выгод.

Электрофильтры и циклоны могут создать проблемы из-за достижения более низких, чем обычно принято стандартов на выбросы пыли. Однако они являются полезными для предварительного обеспыливания и содействуют соблюдению самых низких уровней выбросов, когда они применяются в сочетании с другими технологиями.

Эффективность сбора пыли циклоном возрастает как функция нагрузки по пыли, расхода дымовых газов, размера частиц и плотности. Так как частицы летучей золы мелкие, плотность низкая, а нагрузка по пыли и расход дымовых газов изменяются, то эффективность удаления пыли циклонами ограниченная. Обычно можно достичь значений концентрации пыли не ниже чем 200-300 мг/м<sup>3</sup>. Мультициклоны, которые основаны на том же самом принципе удаления, могут достичь несколько более низких значений – ниже 100-150 мг/м<sup>3</sup>, но более низкие значения достигаются с очень большим трудом.

С помощью электрофильтра можно достичь значительно более низких значений концентрации пыли, чем в случае циклонов (мультициклонов). В зависимости от конструкции и размещения в системе газоочистки (предварительное или заключительное обеспыливание) и количества электрических полей, обычно можно достичь значений концентраций по выбросам пыли порядка 15-25 мг/м<sup>3</sup>. Достижение значений ниже 5 мг/м<sup>3</sup> возможно при большем количестве электрических полей (2 или 3) и увеличенной поверхности электрофильтра (и, следовательно, возрастающих затрат и потребностей в площади для реализации).

Отдельной версии электрофильтров является **мокрый электрофильтр**. Он обычно не применяется на стадии предварительного обеспыливания вследствие температуры дымовых газов здесь, и обычно он больше используется для доочистки после газоочистки.

Рукавные фильтры обычно являются очень эффективными средствами для удаления пыли. Когда используются рукавные фильтры, обычно инжектируются также реагенты (хотя это не всегда так) для создания слоя предварительного покрытия на поверхности материала ткани для защиты от коррозии и оказания помощи при фильтрации (особенно для глубокой фильтрации). Обычно используемыми реагентами являются известь и активированный уголь. Наличие активированного угля снижает нагрузку по диоксинам на последующих стади-

ях очистки дымовых газов. В случае мокрых систем это помогает в удалении ртути и оседании диоксинов на материалах скруббера.

Воздействия между средами идентифицированы в приводимой ниже таблице 4.1.17 с имеющимися данными.

**Таблица 4.1.1 ВОЗДЕЙСТВИЯ МЕЖДУ СРЕДАМИ, СВЯЗАННЫЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ СРЕДСТВ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ОБЕСПЫЛИВАНИЯ**

Критерии	Единицы	Значение	Комментарии
Потребность в энергии:			
Циклон	кВт/ч/т принимаемых отходов	Низкая	Пониженная эффективность удаления частиц с размером <5 мкм
Мультициклон		Низкая	
Сухой электрофильтр		Высокая (электростатическая нагрузка)	
Мокрый электрофильтр		Высокая (падение давления)	
Рукавный фильтр		Самая высокая вследствие падения давления и импульсной очистки воздухом высокого давления	Обычная технология
Остатки - тип		Летучая зола	Возможен отдельный сбор летучей золы из основных химических загрязнителей, если не работать с реагентами
Остатки - количество	кг/т отходов 12-20 (<50)		Без реагентов (с реагентами)
Потребление воды	л/т отходов		• для мокрого электрофильтра • для охлаждения газов до рукавных фильтров
Образование стоков	л/т отходов		• сток с мокрого электрофильтра
Видимость шлейфа загрязнений	да/нет	да	• самая высокая видимость для мокрого электрофильтра

Для этой технологии самыми значительными воздействиями между средами являются:

- потребление энергии рукавными фильтрами выше, чем другими системами вследствие больших потерь давления
- для работы электрофильтра требуется энергия
- образование летучей золы при очистке газов
- концентрации PCDD/F в дымовых газах могут возрасти в течение их времени пребывания в электрофильтре, особенно при работе с температурами от 200 до 450°C
- остатки от очистки дымовых газов и летучая зола могут быть разделены с использованием способа предварительного обеспыливания.

Предварительное обеспыливание снижает нагрузку по пыли на последующих стадиях системы газоочистки. Это может сказаться на снижении ее про-

изводительности, рисков забивания, и, следовательно, последующие элементы можно конструировать меньшего размер, при некотором снижении затрат.

Необходимо проявлять внимание к уровню золы в воронке, а также тлеющим углям (в особенности, если рукавные фильтры установлены сразу после котла-утилизатора) для предотвращения риска пожара.

Циклоны являются относительно простой конструкцией без движущихся частей (за исключением транспортных систем, используемых для удаления летучей золы со дна), и, поэтому, могут иметь высокий коэффициент использования при относительно низких затратах. Однако падение давления в потоке дымовых газов относительно высокое, вследствие чего возрастает потребность в электроэнергии для дымососа, и, поэтому, возрастает дополнительное потребление электроэнергии.

Для надлежащего функционирования электрофильтра важно, чтобы поток дымовых газов равномерно распределялся по всей его поверхности. Падение давления дымовых газов при прохождении через электрофильтр низкое, что снижает потребление электроэнергии. Однако для некоторых видов оборудования для предварительного обеспыливания (например, электрофильтры, фильтры) требуется электроэнергия. Дополнительную информацию о системах с электрофильтрами можно найти в данной работе.

Электрофильтры можно разделить на некоторое количество отделений (обычно 1-4 последовательно расположенных полей), каждое со своей собственной электрической системой. Это дает преимущество в том, что даже в течение выхода из строя одной из электрических систем (например, короткое замыкание из-за засорения пылью или обрыва провода высокого напряжения) относительно большая часть мощности по удалению пыли еще будет доступна.

Рукавные фильтры часто разделяются на отделения (таблица 4.1.18), которые могут быть изолированы для целей обслуживания, и для оптимального функционирования важно даже равномерное распределение дымовых газов.

**Т А Б Л И Ц А 4.1.1 ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ, СВЯЗАННЫЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ОБЕСПЫЛИВАНИЯ**

Критерии	Описание факторов, воздействующих на критерии	Оценка (высокая/средняя/низкая)	Комментарий
Сложность	• требуются дополнительные элементы для процесса • важнейшие аспекты эксплуатации	Средняя	Дополнительные элементы повышают сложность, но могут упростить последующие операции
Гибкость	• возможность технологии работать при изменении условий на входе	Высокая	Каждая система может применяться к различным потокам дымовых газов и составу
Требования к квалификации	• дополнительное обучение или требования к комплектованию	Высокая/Средняя	Для рукавных фильтров требуется наибольшее внимание, а для циклонов - минимальное
Прочие требования	• Для рукавных фильтров может потребоваться добавка реагентов для защиты от коррозии и пожара		

В таблице 4.1.19 приведено сравнение различных систем удаления пыли (используемых на стадиях предварительного и последующего обеспыливания):

**Т А Б Л И Ц А 4.1.19 СРАВНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ УДАЛЕНИЯ ПЫЛИ (ИСПОЛЬЗУЕМЫХ НА СТАДИЯХ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО И ПОСЛЕДУЮЩЕГО ОБЕСПЫЛИВАНИЯ)**

Системы удаления пыли	Типичные концентрации выбросов	Преимущества	Недостатки
Циклон или мультициклон	•циклоны: 200-300 мг/м <sup>3</sup> ; Мультициклоны: 100-150 мг/м <sup>3</sup>	• прочные, относительно простые и надежные • применимы при сжигании отходов	• только для предварительного обеспыливания • относительно высокое потребление энергии (по сравнению с электрофильтрами)
Электрофильтр – сухой:	< 5-25 мг/м <sup>3</sup>	• относительно низкая потребность в электроэнергии; • могут использовать температуры газов в диапазоне 150-350оС • широко применимы при сжигании отходов • способны достичь низких концентраций выбросов – иногда применяются при сжигании отходов	• риск образования PCDD/F при использовании в диапазоне 450-200оС • малый опыт при сжигании отходов • применяются в основном на стадии последующего обеспыливания
Электрофильтр - мокрый	< 5-20 мг/м <sup>3</sup>		• образование сточных вод • увеличение видимости шлейфа загрязнений
Рукавный фильтр	< 5 мг/м <sup>3</sup>	• широко применяются при сжигании отходов • слой остатков действует как дополнительный фильтр и как абсорбционный реактор	• относительно высокое потребление энергии (по сравнению с электрофильтрами) • чувствительны к конденсации воды и к коррозии

Применимость способа предварительного обеспыливания оценена в таблице 4.1.20.

**Т А Б Л И Ц А 4.1.20 ОЦЕНКА ПРИМЕНИМОСТИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ОБЕСПЫЛИВАНИЯ**

Критерии	Оценка/Комментарий
Тип отходов	применимо ко всем типам отходов может не потребоваться для газов с низкой концентрацией пыли
Диапазон производительности	• нет ограничений
Новая/существующая	• проблемой может стать площадь для существующих установок
Совместимость в процессе	• для рукавных фильтров требуется больший контроль температуры
Ключевые факторы размещения	• требуются площади для дополнительных элементов технологического процесса

Ключевыми аспектами этой технологии являются:

- возрастающие капитальные и инвестиционные затраты – для дополнительных элементов технологического процесса
- возрастающие затраты на энергию, в особенности на рукавные фильтры
- возможное снижение затрат на размещение, когда имеются возможности для отделения летучей золы
- возможное повышение затрат на обращение с дополнительными потоками остатков (для утилизации или размещения).

Инвестиционные затраты для двух линий мусоросжигательного завода с общей производительностью 200000 т/г оценены следующим образом:

- |                          |   |
|--------------------------|---|
| • Электрофильтр (3 поля) | 2,2 млн. евро   |
| • Электрофильтр (2 поля) | 1,6 млн. евро   |
| • Рукавный фильтр        | 2,2 млн. евро (неясно, включен ли охладитель дымовых газов до фильтра). |

Эксплуатационные затраты при использовании рукавного фильтра для предварительного обеспыливания могут быть выше вследствие более высокого использования энергии, связанного с падением давления и инъекцией реагента. Однако большая производительность по удалению пыли и других загрязняющих веществ рукавных фильтров (в особенности при использовании с инъекцией реагента) может привести к снижению затрат для последующих компонентов системы газоочистки.

Способ применим, когда:

- удаленная летучая зола может быть обработана и утилизирована
- когда требуется последующее оборудование в системе газоочистки небольшой мощности (снижаются требования для пылевой нагрузки)
- когда улучшается работа последующих элементов системы газоочистки
- когда предпочтительным является удаление PCDD/F перед скруббером для снижения эффектов памяти.

#### **4.1.2.2.2 Применение дополнительной системы доочистки дымовых газов**

Этот способ относится к применению систем доочистки дымовых газов для заключительного снижения выбросов пыли после применения других элементов газоочистки, но перед заключительным выбросом газов из дымовой трубы в атмосферу. Основными применяемыми системами являются:

- рукавные фильтры
- мокрый электрофильтр
- электродинамические скрубберы Вентури
- фильтрующие модули с накоплением пыли
- мокрые скрубберы с ионизацией газовой среды.

Кроме того, можно считать, что добавка заключительной системы мокрой очистки дымовых газов является доочисткой после других систем, предназначенных для очистки от кислых газов и т.д. Такая добавка обычно делается для специализированного контроля выбросов HCl, когда эти выбросы имеют большие колебания концентраций. Эта дополнительная очистка рассмотрена в Разделе 4.1.4.3.6.

Основные технические элементы уже были описаны в данной работе.

Элементы доочистки применяются также для удаления капель (особенно мелких капель). Они обычно устанавливаются для предотвращения явления обрастания в таких элементах последующей очистки как СКВ.

Дополнительное снижение выбросов в воздух сверх того, что уже было достигнуто с помощью других элементов газоочистки представлено в таблице 4.1.21.

**Т А Б Л И Ц А 4.1.21 УРОВНИ ВЫБРОСОВ ПЫЛИ, СВЯЗАННЫЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМ ДООЧИСТКИ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ В УСТАНОВКАХ С КИПАЮЩИМ СЛОЕМ**

Вещества	Диапазон коэффициентов снижения выбросов (%)	Достигаемый диапазон выбросов				Комментарий
		Получасовое среднее значение мг/м <sup>3</sup>	Среднесуточное значение мг/м <sup>3</sup>	Среднегодовое значение мг/м <sup>3</sup>	Удельные выбросы (г/отходов)	
		<30	0,04-5	<0,5		

В дополнение к снижению выбросов пыли, можно также снизить выбросы в воздух следующих веществ:

- тяжелых металлов, так как концентрации их выбросов обычно связаны с эффективностью удаления пыли
- ртути и PCDD/F, когда уголь (обычно со щелочным реагентом) добавляется как абсорбент в рукавных фильтрах
- кислотных газов, когда добавляются щелочные реагенты для защиты рукавных фильтров.

Польза от этих дополнительных снижений может быть небольшая, когда уже были применены способы очистки в предыдущем потоке, которые позволили снизить концентрации в дымовых газах до низкого уровня.

Воздействия между средами идентифицированы в таблице 4.1.22.

**Таблица 4.1.22 ВОЗДЕЙСТВИЯ МЕЖДУ СРЕДАМИ, СВЯЗАННЫЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ДООЧИСТКИ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ**

Критерии	Единицы	Диапазон достигаемых значений	Комментарии
Потребление энергии	кВт/ч/т отходов		Возрастает из-за падения давления через блок очистки
Потребление реагентов	кг/т отходов		Используется больше реагентов
Потребление воды			Мокрый электрофильтр приводит к сбросу воды, которую можно утилизировать в процессе
Остатки – тип	кг/т отходов		Летучая зола и (или) другие вещества, удаляемые при доочистке, обычно становятся дополнительным потоком твердых отходов
Остатки – количество			Изменяются в соответствии с входной нагрузкой и применяемыми способами очистки в предыдущем потоке, но обычно их мало
Видимость шлейфа загрязнений	+/0/-	+/0	Не сухие системы могут повысить видимость шлейфа загрязнений

Для этого способа основными значительными воздействиями между средами являются:

- потребление энергии вследствие падения давления в рукавных фильтрах
- образование твердых остатков (пренебрежимо малое в случае цели доочистки).

Эффективное обслуживание рукавных фильтров очень важно для обеспечения их эффективной работы и, следовательно, низких выбросов. Контролируется падение давления через рукавные фильтры, для того чтобы поддерживать фильтрационную корку на фильтре. Ее можно использовать как средство детектирования повреждения рукавного фильтра (такого типа как необратимое обрастание). Выбросы пыли можно обычно контролировать до очень низкого уровня, просто за счет более тщательного наблюдения за падением давления и принятие более жестких критериев (например, за счет меньшего диапазона, разрешенного перед действиями по обслуживанию) для замены фильтра. Анализ среды фильтра также можно использовать для оценки уровня требуемой дозы реагентов и для оценки условий их применения и остающегося срока службы.

Многокамерные системы, которые независимо контролируют падение давления, и пылеуловительные камеры фильтров с достаточной избыточной производительностью, которая позволяет отключать поврежденные места для замены камеры, повышают возможности соответствовать самым низким предельным значениям выбросов.

Рукавные фильтры часто подразделяются на отделения, которые можно изолировать для целей обслуживания. Для оптимальной работы важно иметь равномерное распределение дымовых газов (табл. 4.1.23).

**Таблица 4.1.23 ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ, СВЯЗАННЫЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДООЧИСТКИ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ**

Критерии	Описание факторов, воздействующих на критерии	Оценка (высокая/средняя/низкая)	Комментарий
Сложность	<ul style="list-style-type: none"> <li>• требуются дополнительные элементы для процесса</li> <li>• важнейшие аспекты эксплуатации</li> </ul>	Высокая	Дополнительные элементы повышают сложность
Гибкость	<ul style="list-style-type: none"> <li>• возможность технологии работать при изменении условий на входе</li> </ul>	Средняя	Как способ на хвосте системы, процесс должен меньше подвергаться таким флуктуациям
Требования к квалификации	<ul style="list-style-type: none"> <li>• дополнительное обучение или требования к комплектованию</li> </ul>	Высокая	Для рукавных фильтров требуется тщательное обслуживание

Применимость этого способа оценена в таблице 4.1.24.

Таблица 4.1.24 ОЦЕНКА ПРИМЕНИМОСТИ ДООЧИСТКИ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ

Критерии	Оценка/Комментарий
Тип отходов	•дополнительная очистка от тяжелых металлов с использование подобных способов повышает пригодность, когда требуется дальнейшее снижение
Диапазон производительности	•крупные установки с повышенными расходами газа могут достичь больших снижений в местных требованиях к выбросам с помощью применения таких способов
Новая/ существующая	•применимы к новым и существующим установкам •как технология у конца трубы хорошо годится для модернизации, когда требуется снижение выбросов пыли •существующие установки, уже достигшие низких уровней выбросов (<10 мг/нм <sup>3</sup> - среднесуточное) с помощью таких средств, уже не получают выгоду от такой добавки
Совместимость в процессе	•соображения, связанные с температурой и требованиями к точке росы •обеспечивается эффективная стадия очистки газов перед СКВ
Ключевые факторы размещения	•ограничением могут оказаться дополнительные площади

106

Этот способ внедряется, когда:

- законодательство требует низких предельных значений выбросов для пыли, тяжелым металлам (относящимся к пыли), или когда требуется дополнительный потенциал для снижения выбросов диоксинов и кислых газов
- существует озабоченность о качестве местного воздуха, которое может воздействовать на процесс
- он используется как средство обеспыливания перед процессом СКВ.

#### 4.1.4.2.3 Применение двойного фильтрования

Этот способ связан с применением двух рукавных фильтров, включенных последовательно в системе очистки дымовых газов. Два рукавных фильтра не могут немедленно быть присоединены друг к другу (т.е. другие элементы системы очистки могут использоваться между ними). Этот способ не относится к ситуациям, когда рукавный фильтр объединяется не с рукавным фильтром, например, с электрофильтром, циклоном или мокрым скруббером и т.д.

Дополнительное снижение выбросов пыли в воздух. Почти в любой ситуации можно достичь среднесуточных уровней ниже 1 мг/м<sup>3</sup>.

Возможно отделение остатков системы газоочистки, т.е. отделение летучей золы от остатков нейтрализации дымовых газов. Затем можно утилизировать одну или другую фракцию, когда существуют подходящие рынки сбыта.

Воздействия между средами идентифицированы в таблице 4.1.25.

**Таблица 4.1.25 ВОЗДЕЙСТВИЯ МЕЖДУ СРЕДАМИ, СВЯЗАННЫЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДВОЙНОГО ФИЛЬТРОВАНИЯ**

Критерии	Единицы	Диапазон достигаемых значений	Комментарии
Потребление энергии	кВт/ч/т отходов	Высокий	Возрастает из-за падения давления через фильтры
Потребление реагентов	кг/т отходов	3-15	Зависит от вида реагента
Остатки – тип	кг/т отходов	Сухой	Летучая зола и остатки соли
Остатки – количество		15-25	Изменяются в соответствии с входной нагрузкой и применяемыми способами очистки в предыдущем потоке
Видимость шлейфа загрязнений	+/0/-	+/0	Системы сухого распыления могут повысить видимость шлейфа загрязнений

Для этого способа самыми значительными воздействиями между средами являются:

- потребление энергии вследствие падения давления через систему газоочистки в целом должно быть значительно выше
- образование твердых остатков (обычно отделенных от других остатков газоочистки).

Сообщали, что происходит дополнительное потребление энергии при использовании двух последовательно установленных рукавных фильтров (даже, когда они разделены), хотя имеют место некоторые потенциальные выгоды с точки зрения контроля дополнительных загрязняющих веществ, но требуются дымососы повышенной мощности для преодоления падения давления, и, поэтому, повышенное потребление электроэнергии.

Эксплуатационные данные приведены в табл. 4.1.26.

**Таблица 4.1.26 ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ, СВЯЗАННЫЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДВОЙНОГО ФИЛЬТРОВАНИЯ**

Критерии	Описание факторов, воздействующих на критерии	Оценка (высокая/средняя/низкая)	Комментарий
Сложность	• требуются дополнительные элементы для процесса • важнейшие аспекты эксплуатации	Высокая	Дополнительные элементы повышают сложность
Гибкость	• возможность технологии работать при изменении условий на входе	Высокая	Входные параметры на первой стадии могут заметно изменяться, без больших изменений в выбросах после второй стадии
Требования к квалификации	• дополнительное обучение или требования к комплектованию	Высокая	Для рукавных фильтров требуется тщательное обслуживание. Это осложняется из-за дополнительного фильтра

Рукавные фильтры часто подразделяются на отделения, которые можно изолировать для целей обслуживания. Для оптимальной работы важно иметь равномерное распределение дымовых газов.

Этот способ может применяться для любого процесса сжигания, но наиболее всего он применим при очень низких предельных значениях выбросов пыли, или когда желательно отделение компонентов остатков системы газоочистки.

Применимость этого способа оценена в таблице 4.1.27.

Таблица 4.1.27 ОЦЕНКА ПРИМЕНИМОСТИ ДВОЙНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ

Критерии	Оценка/Комментарий
Тип отходов	•любой
Диапазон производительности	• крупные установки с повышенными расходами газа могут достичь больших снижений в местных требованиях к выбросам с помощью применения таких способов
Новая/существующая	• применимы к новым и существующим установкам • когда добавляется дополнительная фильтрация как способ у конца трубы, она хорошо подходит для модернизации на существующих установках • существующие установки, уже достигшие низких уровней выбросов (<10 мг/нм <sup>3</sup> - среднесуточное) с помощью таких средств, уже не получают большую выгоду от такой добавки
Совместимость в процессе	• соображения, связанные с температурой и требованиями к точке росы • обеспечивается эффективная стадия очистки газов перед СКВ
Ключевые факторы размещения	• ограничением могут оказаться дополнительные площади • размещение промышленной установки, которая может утилизировать соли

#### 4.1.4.2.4 Выбор материалов рукавных фильтров

Выбранный материал фильтра должен годиться для физических и химических условий, при которых он работает.

Ключевые характеристики ткани для использования в фильтрации газа включают в себя максимальную рабочую температуру и устойчивость к кислотам, щелочам и изгибу (при очистке фильтров). Кроме того, влажность газа также может воздействовать на прочность и размерную стабильность ткани, вследствие гидролиза. Ниже подытожено несколько основных свойств тканей, некоторые могут быть покрыты или пропитаны специальными химикатами например серой.

Таблица 4.1.28 ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ РУКАВНЫХ ФИЛЬТРОВ

Ткань	Максимальная температура (°C)	Устойчивость		
		Кислоты	Щелочи	Физическая гибкость
Хлопок	80	Плохая	Хорошая	Очень хорошая
Полипропилен	95	Отличная	Отличная	Очень хорошая
Шерсть	100	Удовлетворительная	Плохая	Очень хорошая
Полиэфир	135	Хорошая	Хорошая	Очень хорошая

Ткань	Максимальная температура (°C)	Устойчивость		
		Кислоты	Щелочи	Физическая гибкость
Нейлон	205	От плохой до удовлетворительной	Отличная	Отличная
Политетрафторэтилен	235	Отличная	Отличная	Удовлетворительная
Полиимид	260	Хорошая	Хорошая	Очень хорошая
Стекловолокно	260	От хорошей до удовлетворительной	От хорошей до удовлетворительной	Удовлетворительная

Надежный фильтрующий материал, пригодный для применений, предусмотренных для надежного снижения выбросов.

Если среда не является подходящей, падение давления может возрасти и ограничить производительность по принимаемым отходам. Если требуется высокое давление воздуха для очистки фильтра, то может сократиться его срок службы.

Повышенная температура может привести к расплавлению любых полимерных компонентов в материале ткани и потенциально к пожару. Высокая влажность дымовых газов может привести к склеиванию фильтрующего материала и вызвать остановы. Политетрафторэтилен, покрытый фольгой, можно использовать для улучшения удаления клейких солей и твердых частиц из рукавного фильтра. Сообщалось, что улучшение эксплуатационных условий в полусухих системах (см. также Раздел 4.1.4.3.2) достигается при использовании политетрафторэтилена на мусоросжигательных заводах в Праге (Чехия) и Швандорфе (Германия).

Регулярный анализ рукавных фильтров может помочь в оценке их оставшегося срока жизни.

Сообщается, что некоторые фильтрующие среды обычно не используются на мусоросжигательных заводах, например, хлопок, шерсть, пропилен. На мусоросжигательных заводах основными средами являются: полиимид (известный как P84), полифениленсульфид<sup>15</sup> (PPS) (редко), политетрафторэтилен (ПТЭФ), стекловолокно (с покрытием из ПТЭФ или без покрытия). Некоторые волокна можно сочетать (например, P84+ПТЭФ для повышенной стойкости при высокой температуре).

Химические реакции в среде абсорбента могут воздействовать на рабочую температуру. Важным также является качество сетки и волокна.

Правильный выбор материала рукавного фильтра является важным для всех установок для сжигания отходов, использующих эти фильтры.

Основными движущими силами являются характеристики очистки дымовых газов и техническая пригодность.

<sup>15</sup> Полифениленсульфид – один из новейших высокотехнологичных конструкционных термопластов, обладающим хорошей огне- и теплостойкостью, высокой прочностью и упругостью, химической устойчивостью, хорошими диэлектрическими свойствами.

#### 4.1.4.3 Снижение выбросов кислых газов

В данном разделе рассмотрены следующие вопросы:

- описание и оценка характеристик, обычно достигаемых с помощью основных способов, применяемых для снижения выбросов кислых газов, включая рассмотрение применимости к различным ситуациям
- описание и оценка некоторых других технологических и производственных вариантов, важных для удаления кислых газов.

##### 4.1.4.3.1 Системы мокрой очистки газов

Мокрые скрубберы обычно отличаются, по крайней мере, двумя эффективными стадиями, во-первых, при низких значениях pH удаляются главным образом HCl и HF; на второй стадии происходит дозировка извести или гидроксида натрия, и работа происходит при pH от 6 до 8 главным образом для удаления SO<sub>2</sub>. Скруббер иногда можно описывать как устройство, работающее в режиме трех или более стадий – дополнительные стадии обычно подразделяются по первой стадии с низкими значениями pH для специальных целей.

Достижимые выгоды для окружающей среды (снижение выбросов в воздух) представлены в таблице 4.1.29.

Таблица 4.1.29 УРОВНИ ВЫБРОСОВ, СВЯЗАННЫЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОКРЫХ СКРУББЕРОВ

Вещества	Диапазон эффективности снижения (%)	Получасовое среднее (мг/м <sup>3</sup> )	Достижимые выбросы			Комментарии
			Среднесуточное (мг/м <sup>3</sup> )	Среднегодовое (мг/м <sup>3</sup> )	Удельные выбросы (г/т отходов)	
HCl		0,1-10	<5	0,1-1	1-10	Очень устойчивые концентрации на выходе
HF		<1	<0,5	<0,1-0,5	<0,05-2	Очень устойчивые концентрации на выходе
SO <sub>2</sub>		<50	<20	<10	<5-50	Требуется стадия реакции и адсорбент (известь или NaOH) Средние получасовые концентрации SO <sub>2</sub> могут изменяться сильнее

Мокрые системы газоочистки обеспечивают более высокую эффективность удаления (для растворимых кислых газов) всех систем газоочистки с самыми низкими стехиометрическими показателями.

В то время как одна стадия фильтрации на основе систем газоочистки (например, полусухая, сухая) объединяет и собирает остатки вместе, это обычно не происходит в мокрых системах. В мокрых системах можно производить очистку HCl, HF и SO<sub>2</sub> отдельно от твердых частиц и т.д., которые часто удаляются предварительно. С учетом этого, мокрые системы обеспечат некоторые дополнительные снижения выбросов следующих веществ:

- пыль – когда производительность скруббера достаточно большая для предотвращения засорения (чаще всего используется стадия предварительного обеспыливания перед мокрым скруббером для снижения пылевой нагрузки и предотвращения эксплуатационных проблем до 50% от поступающей пыли)

- PCDD/F – если используется пропитанный углеродом сорбирующий материал, то возможно снижение на 70% по всему скрубберу, в противном случае степень удаления будет пренебрежимо малой. Активированный уголь или активированный кокс могут быть добавлены в скруббер для сходной цели, с общаемой более высокой эффективностью удаления

- $Hg^{2+}$  - если используется первая стадия с низким значением pH (порядка 1) и в отходах имеются концентрации HCl, предусмотренные для подкисления этой стадии, тогда может иметь место удаление  $HgCl_2$ , но на металлическую ртуть воздействие обычно не оказывается

- другие загрязняющие вещества – когда в неочищенном газе находятся водорастворимые загрязняющие вещества типа брома и йода, они могут конденсироваться при низких температурах в скруббере и поступать в сточные воды скруббера.

Воздействия между средами идентифицированы в табл. 4.1.30.

**Таблица 4.1.30 ВОЗДЕЙСТВИЯ МЕЖДУ СРЕДАМИ, СВЯЗАННЫЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОКРОГО СКРУББЕРА**

Критерии	Единицы	Диапазон значений	Комментарии
Потребность в энергии	кВт/ч/т отходов	19	Насосы добавляют спрос
Потребление реагентов	кг/т отходов	2-3 (NaOH) или -10(CaO) или 5-10 (известь/ известняк)	Минимальное из всех систем
Стехиометрия реагентов	Отношение		Минимальное из всех систем
Осадки – тип			Очистка осадков сточных вод; в некоторых случаях можно утилизировать HCl или гипс
Осадки – количество	кг (влажный)/т отходов кг (сухой) /т отходов	10-15 3-5	Минимальное из всех систем. В этот показатель не включена отдельно удаляемая летучая зола приблизительно 16 кг/т
Потребление воды	л/т отходов	100-500	Максимальное из всех систем, но может быть снижено с помощью очистки и рециркуляции/конденсации и низких температур перед входом в скруббер
Образование стоков	л/т отходов	250-500	Требуется очистка перед сбросом или повторным исследованием
Видимость шлейфа загрязнений	+ /0/-	+	Высокое влагосодержание газа, но оно может быть снижено с помощью подогрева/конденсации

Примечание: данные в этой таблице предназначены для информирования о типичном эксплуатационном режиме. Точное количество образующихся остатков и стоков будет зависеть от многих факторов, включая концентрации в неочищенном газе (связанные с отходами), расходы, концентрации реагентов и т.д.

Для этой технологии самые значительные воздействия между средами по сравнению с другими вариантами таковы:

- самые низкие уровни потребления реагентов
- самые низкие уровни образования твердых остатков
- повышенное потребление воды
- образование стоков, которые требуют управления
- повышенная видимость шлейфа загрязнений
- накопление PCDD/F (эффект памяти) на пластиковых компонентах скруббера требует принятия мер
- если температура на выходе слишком высокая, материал, используемый в конструкции мокрого скруббера, может быть разрушен.

Образование стока обычно составляет 300 кг/т ТБО, если принять расход воды в количестве 1000 кг/т ТБО. Эти величины выше, чем те, которые были приведены в таблице выше. Эксплуатационные данные представлены в таблице 4.1.31.

**Таблица 4.1.31 ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ, СВЯЗАННЫЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОКРОГО СКРУББЕРА**

Критерии	Описание факторов, воздействующие на критерии	Оценка (высокая/средняя/низкая)	Комментарии
Сложность	требуются дополнительные элементы для процесса важнейшие аспекты эксплуатации	Высокая	Число технологических единиц больше, чем в других системах
Гибкость	возможность технологии работать при изменении условий на	Высокая	Очень устойчивая – самая высокая способность к достижению снижения выбросов HCl/HF при флуктуациях входных концентраций
Требования к квалификации		Высокая	Очистка образующихся стоков требует высокой квалификации персонала

Основными проблемами являются:

Накопление PCDD/F в мокрых скрубберах может стать проблемой, в частности при обслуживании и в периоды пуска, и могут потребоваться специальные меры.

Для эффективной очистки требуется работа персонала с высокой квалификацией для достижения низких уровней выбросов.

Для обеспечения эффективной работы требуется, чтобы в скруббер поступали газы, которые уже прошли стадию обеспыливания с использованием электрофильтра или рукавного фильтра.

Гибкость мокрой газоочистки в отношении изменения концентраций на входе относится главным образом к HCl и HF. Иногда требуется дополнительная очистка для соблюдения норм по выбросам ртути; например, инъекция комплексной добавки в основной скруббер; инъекция активированного угля в кис-

лотный скруббер; инъекция окисляющего агента в газовую фазу с абсорбентом.  
Применимость этого способа оценена в таблице 4.1.32.

**Таблица 4.1.32 ОЦЕНКА ПРИМЕНИМОСТИ МОКРОЙ ГАЗООЧИСТКИ**

Критерии	Оценка/Комментарий
Тип отходов	может быть, в принципе, применен к любому типу отходов особенно пригоден к резко изменяющемуся на входе составу отходов
Диапазон производительности	не ограничен, но обычно применяется к установкам от средней до большой производительности, когда имеется экономия масштаба
Новая/существующая	широко применяется на многих существующих установках
Совместимость в процессе	низкая температура дымовых газов на выходе (около 70°C) требует подогрева для последующих элементов системы газоочистки, например, рукавные фильтры и СКВ возможен предварительный сбор летучей золы
Ключевые факторы размещения	ограничением могут оказаться дополнительные площади стоки соленой воды (после очистки) требуют сброса (или испарения, для которого требуется энергия) может быть проведена утилизация HCl, соли, гипса

Информация о капитальных затратах для способа приведена в таблице 4.1.33.

**Таблица 4.1.33 ОЦЕНЕННЫЕ КАПИТАЛЬНЫЕ ЗАТРАТЫ ДЛЯ ВЫБРАННЫХ КОМПОНЕНТОВ МОКРЫХ СИСТЕМ ГАЗООЧИСТКИ**

Компонент газоочистки	Оцененные капитальные затраты (млн. евро)	Комментарии
Двухстадийный мокрый скруббер	5	Включена очистка сточных вод
Трехстадийный мокрый скруббер	7	Включена очистка сточных вод
Внешняя установка для испарения стоков скруббера	1,5-2	
Распылительный абсорбер для внутреннего испарения стока	1,5	Полагают, что затраты оценены на низкой стороне

Затраты оценены по отношению к 2 линиям мусоросжигательного завода с общей производительностью 200 тыс. т/г

Ключевыми аспектами затрат этого способа по сравнению с альтернативами являются:

- более высокие капитальные затраты, чем для других систем, главным образом вследствие установки для очистки стоков и большого количества требующихся компонентов процесса
- эксплуатационные затраты, связанные с размещением остатков, могут быть ниже вследствие более низкого удельного образования остатков, которые обычно влажные
- затраты на рабочую силу выше вследствие возросшей сложности системы. Этот способ внедряется, когда:
- предельные значения выбросов установлены на уровне или ниже уровней, указанных подробно в Директиве 2000/76/ЕС
- затраты на размещение остатков от очистки дымовых газов высокие
- состав поступающих отходов особенно трудно предсказать/контролировать

- в отходах могут содержаться высокие и переменные нагрузки по кислотным газам или тяжелым металлам (т.е. ионной ртути)
- сток, содержащий соли, можно сбрасывать (например, в море).

#### 4.1.4.3.2 Системы полусухой очистки

В представленной ниже диаграмме можно увидеть типичную полусухую систему очистки дымовых газов, с контактной колонной слева и расположенным ниже по потоку газом устройством для обеспыливания.

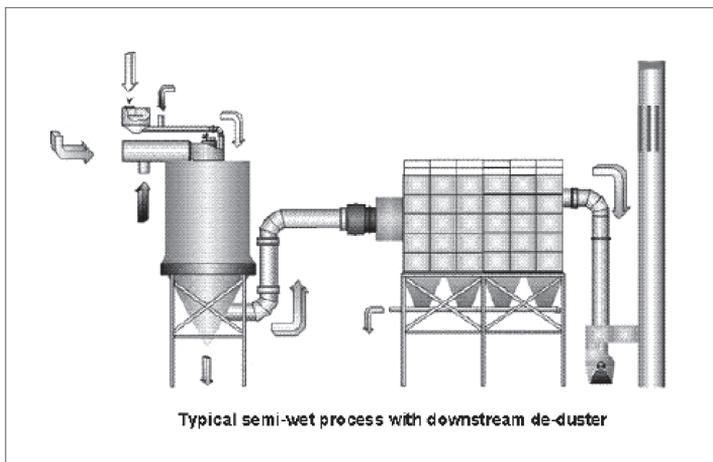


Рисунок 4.1.6 - Диаграмма, представляющая типичную конструкцию полусухой системы газоочистки

Пояснение к рисунку:

Typical semi-wet process with downstream de-duster – типичный процесс полусухой газоочистки с последующей системой обеспыливания.

Достижимые выгоды для окружающей среды (снижение выбросов в воздух) представлены в таблице 4.1.34.

Таблица 4.1.34 УРОВНИ ВЫБРОСОВ, СВЯЗАННЫЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОКРЫХ СКРУББЕРОВ

Вещества	Диапазон эффективности снижения (%)	Достижимые выбросы				Комментарии
		Получаемые средние мг/нм <sup>3</sup>	Среднесуточные мг/нм <sup>3</sup>	Среднедневные мг/нм <sup>3</sup>	Удельные выбросы (г/т отходов)	
HCl		<50	3-10	2	4-10	Самые низкие значения, достигаемые с повышенным дозированием реагента и контролем. Пики могут быть связаны с анализатором HCl выше по потоку. С помощью полусухого процесса можно улавливать SO <sub>2</sub> в то же самое время, что и HCl и HF в том же самом скруббере
HF		<2	<1	<0,5	<2	
SO <sub>2</sub>		<50	<20	<10	5-50	

От скрубберов в системе полусухой очистки нет сброса стоков, так как количество используемой воды обычно меньше, чем при использовании мокрых скрубберов, и она испаряется с дымовыми газами. В случае подходящего качества других сточных вод на участке (например, дождевой воды) их можно направлять в систему газоочистки.

Полусухие системы газоочистки обеспечивают высокую эффективность удаления (для растворимых кислых газов). Низкие предельные значения выбросов могут быть обеспечены с помощью корректирования дозы вводимого реагента и выбранного места в системе, но обычно за счет возрастающего потребления реагентов и уровней образования остатков.

Полусухие системы используются с рукавными фильтрами для удаления добавленных реагентов и продуктов их реакции. Реагенты, иные, чем щелочные реагенты, также могут быть добавлены для улавливания других компонентов дымовых газов (например, активированный уголь для ртути и PCDD/F).

Чаще всего они используются как одностадийный реактор/фильтр для совместно снижения выбросов:

- пыли – фильтруется с помощью рукавного фильтра
- PCDD/F – улавливаются, если инжестируется активированный уголь, а также щелочной реагент
- ртуть – улавливается, если инжестируется активированный уголь, а также щелочной реагент

Воздействия между средами идентифицированы в таблице 4.1.35.

**Таблица 4.1.35 ВОЗДЕЙСТВИЯ МЕЖДУ СРЕДАМИ, СВЯЗАННЫЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОЛУСУХОЙ ОЧИСТКИ КИСЛЫХ ГАЗОВ**

Критерии	Единицы	Диапазон достигаемых значений	Комментарии
Потребление энергии	кВт/ч/т отходов	6-13	Падение давления в рукавном фильтре создает потребность в энергии
Потребление реагентов	кг/т отходов	12-20 (известь)	Применяются варианты системы среднего диапазона
Стехиометрия реагентов	Отношение	1.4-2.5	Самые нижние значения достигаются с рециркуляцией/с отходами с низкой нагрузкой по загрязнителям
Остатки – тип	кг	Не поставляется	Объединение газоочистки и летучей золы
Остатки – количество	кг/т отходов	25-50	Объединение газоочистки и летучей золы
Потребление воды	кг/т отходов	Не поставляется	Самые низкие значения, когда температура на входе в газоочистку низкая, в противном случае нужна также вода для охлаждения
Образование стока	л/т отходов	Не поставляется	
Видимость шлейфа	+/0/-	0	Применяются варианты системы среднего диапазона

Для этого способа самым значительным воздействием между средами является:

- более высокие уровни образования остатков, чем во влажной системе.

Отдельный сбор летучей золы возможен, если этой системе предшествует электрофильтр. Тогда повышается отделение летучей золы и остатков системы газоочистки, что может быть полезным, если существуют отдельные варианты переработки/рециклинга для этих остатков.

Полусухая система газоочистки дымовых газов часто применяется как одна стадия, в виду многокамерного реактора. Такие системы обычно отличаются более низкой потребностью в энергии, чем более сложные многостадийные системы газоочистки. Эксплуатационные данные представлены в таблице 4.1.36.

Таблица 4.1.36 ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ, СВЯЗАННЫЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОЛУСУХОЙ ГАЗООЧИСТКИ

Критерии	Описание факторов, воздействующих на критерии	Оценка (высокий/средний/низкий)	Комментарии
Сложность	<ul style="list-style-type: none"> <li>• требуются дополнительные элементы для процесса</li> <li>• важнейшие аспекты эксплуатации</li> </ul>	Средний	<ul style="list-style-type: none"> <li>• количество элементов меньше, чем в мокрых системах, но больше, чем в сухой и полусухой</li> <li>• требуется контроль температуры на входе</li> <li>• предварительное удаление пыли может облегчить эксплуатацию</li> </ul>
Гибкость	<ul style="list-style-type: none"> <li>• возможность технологии работать при изменении условий на входе</li> </ul>	Средний	<ul style="list-style-type: none"> <li>• для большинства условий можно достичь низких уровней выбросов</li> <li>• могут быть проблемы с быстрым изменением нагрузки на входе</li> </ul>
Требования к квалификации	<ul style="list-style-type: none"> <li>• дополнительное обучение или требования к комплектации</li> </ul>	Средний	<ul style="list-style-type: none"> <li>• нет требований к очистке стоков</li> <li>• требуется внимательность для оптимизации дозирования реагентов</li> </ul>

Большинство систем состоит только из блока смешения реагентов (реагент плюс вода) и оросительной колонны, а затем рукавного фильтра, в связи с чем сложность ниже, чем в случае мокрых систем газоочистки.

Обращение с реагентами и дозирование требуют эффективного управления для обеспечения эффективной и оптимизированной операции, в особенности, когда приходится иметь дело с гетерогенными типами отходов, например опасными отходами. Мониторинг HCl на предыдущей стадии (см. Раздел 4.1.4.3.9) улучшает оптимизацию дозирования реагентов в этих системах и дает возможность управления при пиковых нагрузках по HCl HF, SO<sub>2</sub> без высоких уровней дозирования реагента.

На некоторых установках производится Ca(OH)<sub>2</sub> для системы газоочистки на участке с помощью гашения CaO. Эффективное приготовление извести мо-

жет иметь решающее значение для хорошей работы, так как можно контролировать риск обрастания в механизме впрыска. Инжекторы должны быть размещены и сконструированы таким образом, чтобы их можно было легко обслуживать и (или) заменять для очистки.

Требуется тщательный мониторинг рукавных фильтров и управление для предотвращения их повреждения и последующих выбросов. Обычно используется мониторинг перепада давлений, который указывает на повреждения и контролирует работу в целом.

Важную роль играют температурные требования. Требуется внимательность для предотвращения коррозии при температуре точки росы в рукавном фильтре – обычно используются температуры газа на входе выше 130-140°C. При температуре ниже 130°C могут появиться проблемы из-за гигроскопической природы образующегося  $\text{CaCl}_2$ . Для создания оптимальных условий реакции обычно требуется конкретная температура для реагентов.

Сообщалось, что могут возникать проблемы при эксплуатации, когда используются полусухие системы газоочистки с неочищенными газами с очень высоким содержанием кислых газов, поскольку это может привести к повышенному риску засорения фильтра.

Эксплуатационные проблемы реактора и рукавного фильтра, используемых в полусухих системах, можно снизить с помощью использования предварительного обеспыливания, например, путем применения одной стадии с электрофильтром, или с помощью использования нелипких материалов ткани (см. также Раздел 4.1.4.2.4). Это помогает, поскольку удается избежать проблем:

- прилипания некоторых солей цинка (и подобных солей с низкой температурой плавления)
- образования слоев гигроскопических солей, прилипающих к поверхности реактора.

Применимость этого способа оценена в таблице 4.1.37.

**Таблица 4.1.37 ОЦЕНКА ПРИМЕНИМОСТИ ПОЛУСУХОЙ ГАЗОЧИСТКИ**

Критерии	Оценка/комментарий
Тип отходов	<ul style="list-style-type: none"> <li>• годится для большинства типов отходов</li> <li>• обычно меньшая возможность работы при очень больших изменениях концентрации на входе, чем в случае мокрых скрубберов</li> </ul>
Производительность установки	<ul style="list-style-type: none"> <li>• применимо ко всем производительностям</li> </ul>
Новая/существующая	<ul style="list-style-type: none"> <li>• применяется на новых установках и как модернизация</li> </ul>
Совместимость с процессом	<ul style="list-style-type: none"> <li>• для дымовых газов с температурой на выходе (120-170°C) требуется подогрев для последующих элементов газоочистки, например, СКВ</li> <li>• возможен отдельный предварительный сбор летучей золы</li> <li>• рукавный фильтр обеспечивает стадию эффективной очистки газа для последующей СКВ или мокрой системы (если используется для предварительного обеспыливания)</li> </ul>
Ключевые факторы размещения	<ul style="list-style-type: none"> <li>• не образуются стоки и не требуется сброс</li> <li>• наличие/затраты для рынков твердых остатков</li> </ul>

Информация о капитальных затратах для способа приведена в таблице 4.1.38.

**Таблица 4.1.38 ОЦЕНЕННЫЕ КАПИТАЛЬНЫЕ ЗАТРАТЫ ДЛЯ ВЫБРАННЫХ КОМПОНЕНТОВ ТИПИЧНЫХ СИСТЕМ ПОЛУСУХОЙ ГАЗООЧИСТКИ**

Компоненты газоочистки	Оцененные капитальные затраты (млн. евро)	Комментарии
Рукавный фильтр	2	
Распылительная сушилка	1 – 1,5	

Ключевыми эксплуатационными факторами этого способа являются:

- капитальные затраты ниже, чем для мокрых систем газоочистки, в особенности для относительно небольших производительностей
- возможны более высокие затраты на размещение большего количества образующихся остатков (чем во влажных системах)
- снижение затрат на оплату труда (по сравнению с мокрыми системами) вследствие меньшей сложности, в особенности благодаря отсутствию затрат на эксплуатацию установки для очистки стоков
- повышенные затраты на щелочные реагенты вследствие более высоких стехиометрических коэффициентов.

Этот способ реализуется там, где:

- были установлены предельные значения выбросов, подробно сформулированные в Директиве 2000/76/ЕС
- отходы подготовлены так, что не имеют очень высокой и переменной нагрузки по дымовым газам
- существуют рынки сбыта для образующихся твердых остатков
- нежелательно образование стоков
- ограничены поставщики воды вследствие низкого ее потребления
- не имеется инфраструктура для обращения со сточными водами, или она ограничена, например, отдаленные сельские районы с сухим климатом вследствие отсутствия необходимости в очистке стоков
- пониженная видимость шлейфа загрязнений не с мокрыми системами – здесь может быть особое преимущество в районах, где имеется высокая чувствительность к визуальным воздействиям.

#### **4.1.4.4.3 Промежуточные системы с добавкой некоторого количества воды и рециркуляцией остатков (системы быстрой очистки)**

Способ отличается наличием как элементов полусухой системы, так и сухой системы, и характеризуется низким количеством добавляемой воды и высокими уровнями рециркуляции остатков.

Сообщается, что этот способ применяется только, когда реагентом является известь. Достигаемые выгоды для окружающей среды (снижение выбросов в воздух) представлены в таблице 4.1.39.

Таблица 4.1.39 УРОВНИ ВЫБРОСОВ, СВЯЗАННЫЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЫСТРОЙ ОЧИСТКИ

Вещества	Диапазон эффективности снижения (%)	Достижимые выбросы				Комментарии
		Получасовые средние мг/нм <sup>3</sup>	Среднесуточные мг/нм <sup>3</sup>	Среднегодовые мг/нм <sup>3</sup>	Удельные выбросы (г/т отходов)	
HCl	>99	<10	<6	2,9	10 – 30	Устойчивость вследствие высокого уровня рециркуляции
HF	>99,5	<2	<1	<0,5	1 – 5	- " -
SO <sub>2</sub>	>99	<50	<5	<1	5 - 50	- " -

Процесс в сочетании с рукавными фильтрами и добавкой реагента обеспечивает также снижение выбросов:

- пыли и соответственно тяжелых металлов (до 0,4-2 мг/нм<sup>3</sup>)
- ртути (с впрыскиванием угля до 0,002-0,015 мг/нм<sup>3</sup>)
- PCDD/F (с впрыскиванием угля до 0,005-0,1 нг/м<sup>3</sup>).

Рециркуляция реагентов, которая обычно используется с этой системой, имеет следующие преимущества по сравнению с другими системами газоочистки:

- пониженное потребление реагентов (по сравнению с сухой и полусухой системами)
- пониженное образование твердых остатков (содержат меньше не прореагировавшего реагента)
- пониженное потребление воды и отсутствие образования стока (по сравнению с мокрыми системами)

В таблице 4.1.40 идентифицированы воздействия между средами.

Таблица 4.1.40 ВОЗДЕЙСТВИЯ МЕЖДУ СРЕДАМИ, СВЯЗАННЫЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМ БЫСТРОЙ ОЧИСТКИ

Критерии	Единицы	Диапазон достижимых значений	Комментарии
Потребление энергии	кВт/ч/т отходов	6-13	• Падение давления в рукавном фильтре • система циркуляции потребляет энергию
Потребление реагентов	кг/т отходов	7-15 (известь)	
Стехиометрия реагентов	Отношение	1,2-1,8	
Остатки – тип	кг		• Объединение газоочистки и летучей золы • пониженные уровни непрореагировавших реагентов
Остатки – количество	кг/т отходов	12-25	
Потребление воды	кг/т отходов		Зависит от температуры охлаждения дымовых газов, требующейся для достижения рабочей температуры
Образование стока	л/т отходов	0	
Видимость шлейфа	+/0/-	0	• минимальная добавка воды для кондиционирования

Примечание: данные в этой таблице предназначены для получения представления о типичном рабочем диапазоне. Точные количества остатков и стоков будут зависеть от многих факторов, включая: концентрации в неочищенном газе (связанные с отходами), расходы, концентрации реагентов и т.д.

Для этого способа наиболее значительными воздействиями между средами являются:

- образование твердых остатков
- потребление энергии в связи с падением давления, связанного с использованием рукавного фильтра. Эксплуатационные данные приведены в таблице 4.1.41.

**Таблица 4.1.41 ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ, СВЯЗАННЫЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМ БЫСТРОЙ ОЧИСТКИ**

Критерии	Описание факторов, воздействующих на критерии	Оценка (высокий/средний/низкий)	Комментарии
Сложность	<ul style="list-style-type: none"> <li>• требуются дополнительные элементы для процесса</li> <li>• важнейшие аспекты эксплуатации</li> </ul>	Средний	<ul style="list-style-type: none"> <li>• очень мало компонентов процесса</li> <li>• требуется внимание для обеспечения эффективной циркуляции реагента и контроля влажности</li> </ul>
Гибкость	<ul style="list-style-type: none"> <li>• возможность технологии работать при изменении условий на входе</li> </ul>	Высокий/Средний	<ul style="list-style-type: none"> <li>• большой буферный объем циркулирующего реагента повышает гибкость</li> <li>• не такая гибкость, как в случае мокрых систем</li> </ul>
Требования к квалификации	<ul style="list-style-type: none"> <li>• дополнительное обучение или требования к комплектующим</li> </ul>	Средний	<ul style="list-style-type: none"> <li>• простая система</li> </ul>

120

Для впрыскивания реагентов и скорости отбора реагентов требуется оптимизация для предотвращения нагрузки по адсорбенту и возможного проскока вещества (например, ртути и PCDD/F, абсорбируемых на угле).

Требуется мониторинг и регулирование уровня влажности для поддержания эффективности абсорбции кислых газов.

Мониторинг HCl в предшествующем потоке используется для оптимизации дозирования уровней щелочной реагент/вода.

В таблице 4.1.42 оценена применимость этого способа.

**Таблица 4.1.42 ОЦЕНКА ПРИМЕНИМОСТИ БЫСТРОЙ ОЧИСТКИ**

Критерии	Оценка/комментарий
Тип отходов	<ul style="list-style-type: none"> <li>• для всех типов отходов, за исключением тех случаев когда очень сильно меняется концентрация на входе, например, опасные отходы</li> <li>• в настоящее время применяется для ТБО, топлива из отходов, древесных отходов</li> </ul>
Производительность установки	<ul style="list-style-type: none"> <li>• применима главным образом к небольшим и средним установкам вследствие возрастания масштаба требующихся фильтров в связи с рециркуляцией остатков)</li> </ul>
Новая/существующая	<ul style="list-style-type: none"> <li>• нет специфических ограничений</li> <li>• фильтры должны быть больше, чем в других системах в связи с рециркуляцией</li> </ul>
Совместимость с процессом	<ul style="list-style-type: none"> <li>• может обеспечить предварительное обеспыливание для системы СКВ</li> <li>• может работать с СНКВ</li> </ul>
Ключевые факторы размещения	<ul style="list-style-type: none"> <li>• небольшой объем работ</li> <li>• менее годятся там, где уже имеются рынки сбыта для переработки/утилизации отделенной летучей золы</li> </ul>

Сообщали, что капитальные затраты были несколько ниже, чем для мокрой и полусухой систем вследствие меньшего количества компонентов процесса, и, следовательно, меньшего объема работ. Несколько большие капитальные затраты, чем при сухой очистке. Однако возрастают размеры рукавного фильтра, требуется большая производительность. Сообщалось также о другом специальном оборудовании для рециркуляции с повышением затрат, когда происходит рециркуляция остатков.

Эксплуатационные затраты, связанные с потреблением реагентов и образованием остатков, должны быть в промежутке между полусухой и сухой системами, в которых используется подобная степень рециркуляции. Сообщалось, что эксплуатационные расходы снижались при использовании рециркуляции (обычная характеристика этой системы) вследствие меньшего потребления реагентов (улучшенное стехиометрическое отношение по сравнению с сухой и полусухой системами и отсутствие требований к очистке воды по сравнению с мокрой системой) и снижением затрат на размещение остатков.

Этот способ внедряется там, где:

- требуется снижение потребления некоторых реагентов
- требуется снижение образования остатков
- требуется ограниченная площадь
- проблемы имеются со сложностью процесса.

#### 4.1.4.3.4 Системы сухой очистки дымовых газов

Известь (например, гашеная известь, известь с высокой удельной поверхностью) и бикарбонат натрия обычно используются в качестве щелочных реагентов. Добавка активированного угля предусматривается для улавливания с помощью абсорбции ртути и PCDD/F.

Когда мелко измельченный бикарбонат натрия впрыскивается в горячие газы (выше 140°C), он превращается в карбонат натрия с высокой порозистостью, и, следовательно, является эффективным для абсорбции кислых газов. Достижимые выгоды для окружающей среды (снижение выбросов в воздух) приведено в таблицах 4.1.43 и 4.1.44.

Таблица 4.1.43 УРОВНИ ВЫБРОСОВ, СВЯЗАННЫЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГАЗООЧИСТКИ С ГАШЕНОЙ ИЗВЕШЬЮ

Вещества	Диапазон эффективности снижения (%)	Достижимый диапазон выбросов				Комментарии
		Получасовое среднее мг/нм <sup>3</sup>	Среднесуточное мг/нм <sup>3</sup>	Среднегодовое мг/нм <sup>3</sup>	Удельные выбросы (г/т отходов)	
HCl		<60	<10			Информация, представленная государствами о соответствии с предельными значениями выбросов в воздух в ЕС/2000/76
HF		<4	<1			
SO <sub>2</sub>		<200	<50			

Таблица 4.1.44 УРОВНИ ВЫБРОСОВ, СВЯЗАННЫЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГАЗООЧИСТКИ С СУХИМ БИКАРБОНАТОМ НАТРИЯ

Вещества	Диапазон эффективности снижения (%)	Достигаемый диапазон выбросов				Комментарии
		Получасовое среднее мг/нм <sup>3</sup>	Среднесуточное мг/нм <sup>3</sup>	Среднегодовое мг/нм <sup>3</sup>	Удельные выбросы (г/т отходов)	
HCl		<20	<5			
HF		<1	<1			
SO <sub>2</sub>		<30	<20			

Хотя с использованием этого способа достигается соответствие с требованиями Директивы ЕС/2000/76, обычно для данной ситуации невозможно достичь тех же самых очень низких уровней выбросов, как в других системах газоочистки без повышения уровней дозирования реагентов и последующего образования остатков. Рециклинг реагентов может снизить эти воздействия между средами в некоторой степени, но может привести к эксплуатационным затруднениям в отношении систем дозирования реагентов.

В таблице 4.1.45 идентифицированы воздействия между средами.

Таблица 4.1.45 ВОЗДЕЙСТВИЯ МЕЖДУ СРЕДАМИ, СВЯЗАННЫЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СУХОЙ ГАЗООЧИСТКИ

Критерии	Единицы	Диапазон достигаемых значений	Комментарии
Потребление энергии	кВт/ч/т отходов		Главным образом от падения давления через рукавный фильтр. Более высокая рабочая температура может привести к экономии для подогрева дымовых газов
Потребление реагентов	кг/т отходов	10-15	Цифры относятся к потреблению бикарбоната натрия на мусоросжигательном заводе
Стехиометрия реагентов	Отношение	1,25 (NaHCO <sub>3</sub> ) 1,5-2,5 (CaOH)	Типичный избыток 25% с карбонатом натрия Более низкие значения с известью достигаются с рециркуляцией
Остатки – тип	кг		Остатки газоочистки с летучей золой или раздельно в случае предварительного обеспыливания
Остатки – количество	кг/т отходов	7-25	На одну тонну ТБО
Потребление воды	кг/т отходов	0	Не требуется
Образование стока	л/т отходов	0	Нет
Видимость шлейфа	+ / 0 / -	0	Минимальное из всех систем

Примечание: эксплуатационные значения на участке должны изменяться в зависимости от местных изменений в типе отходов и т.д.

Для этой технологии наиболее значительным воздействием между средами является образование твердых остатков, которых обычно бывает больше, чем в других системах (при прочих равных условиях), хотя избыток можно в некоторой степени сократить с помощью рециркуляции остатков.

В случае бикарбоната натрия твердые остатки более растворимые, чем с известью, но значительно ниже по качеству, чем в системе с гашеной известью. Остатки от систем с бикарбонатом в некоторых случаях перерабатывались и подвергались рециклингу в химической промышленности. Эксплуатационные данные представлены в таблице 4.1.46.

**Таблица 4.1.46 ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ, СВЯЗАННЫЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СУХОЙ ГАЗООЧИСТКИ**

Критерии	Описание факторов, воздействующих на критерии	Оценка (высокий/средний/низкий)	Комментарии
Сложность	<ul style="list-style-type: none"> <li>• требуются дополнительные элементы для процессе</li> <li>• важнейшие аспекты эксплуатации</li> </ul>	Низкий	<ul style="list-style-type: none"> <li>• простой процесс с небольшим количеством блоков</li> </ul>
Гибкость	<ul style="list-style-type: none"> <li>• возможность технологии работать при изменении условий на входе</li> </ul>	Средний/Низкий	<ul style="list-style-type: none"> <li>• возможность справиться с высокими нагрузками по кислым газам</li> <li>• широкий диапазон рабочих температур (без бикарбоната натрия (140-300°C))</li> </ul>
Требования к квалификации	<ul style="list-style-type: none"> <li>• дополнительное обучение или требования к комплектующим</li> </ul>	Средний/Низкий	<ul style="list-style-type: none"> <li>• простая система</li> <li>• требуется эффективное управление рукавным фильтром</li> </ul>

С сухими реагентами надо обращаться таким образом, чтобы предотвращались выбросы пыли. Сообщалось, что при использовании рабочих температур выше приблизительно 180°C может произойти нарушение режима работы и ухудшение характеристик при впрыскивании угольных реагентов для деструкции PCDD/F и ртути.

В таблице 4.1.47 сделана оценка применимости этой технологии.

**Таблица 4.1.47 ОЦЕНКА ПРИМЕНИМОСТИ СУХОЙ ГАЗООЧИСТКИ**

Критерии	Оценка/комментарий
Тип отходов	применима ко всему диапазону
Диапазон производительностей	современные системы применимы к широкому диапазону производительностей
Новые/существующие	нет ограничений
Совместимость с процессом	повышенные рабочие температуры делают процесс хорошо подходящим для сочетания с предыдущим СКВ
Ключевые факторы размещения	низкая видимость шлейфа загрязнений не образуются стоки необходимо рассмотреть обработку/размещение остатков

Удельные затраты на проведение процесса сходны с затратами для полусухих систем, за исключением:

- в сухих системах обычно используется рукавный фильтр большего размера
- возможные повышенные рабочие температуры могут привести к экономии для подогрева дымовых газов, например, для СКВ

- при сухих системах не требуется обращения с суспензиями/смесью реагентов.

Эксплуатационные затраты:

- повышенные уровни потребления реагентов по сравнению с мокрой газоочисткой

- повышенные затраты на размещение остатков по сравнению с другими системами

- экономия за счет отсутствия очистки/удаления стоков.

Простота таких систем является главной причиной их использования.

Эта технология была внедрена, когда были установленные предельные значения по выбросам в Директиве 2000/76/ЕС.

Ограничения на водоснабжение и рынки сбыта создают благоприятные условия для сухих систем газоочистки. В некоторых случаях органы, выдающие разрешения, ставят специальные условия, запрещающие сбросы, и тогда сухие и полусухие системы являются благоприятными.

#### 4.1.4.3.5 Выбор щелочного реагента

124

Различные щелочные реагенты (и их сочетания) используются в системах газоочистки установок для сжигания отходов. Различные варианты обладают различными преимуществами и недостатками и обычно находятся под сильным влиянием общего технологического выбора.

Во всех типах систем очистки дымовых газов используется известь, хотя чаще всего в системах мокрой и полусухой очистки. Она используется как гашеная известь в сухих системах, как гидратированная известь в полусухих системах, а также как известь с высокой удельной поверхностью (HSS). Бикарбонат натрия применяется для некоторых главным образом сухих систем. Гидроксид натрия и известняк обычно применяются только для влажных систем газоочистки. Преимущества и недостатки использования каждого реагента отражены в таблице 4.1.48.

**Т А Б Л И Ц А 4.1.48 СРАВНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК РАЗЛИЧНЫХ ЩЕЛОЧНЫХ РЕАГЕНТОВ**

Реагент	Преимущества	Недостатки	Комментарии
Гидроксид натрия	<ul style="list-style-type: none"> <li>• высокая химическая активность к кислым газам</li> <li>• низкие уровни потребления</li> <li>• низкое образование твердых отходов</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• повышенные затраты/кг реагента</li> <li>• изменяющиеся затраты (раз в квартал)</li> <li>• образуются растворимые соли</li> <li>• материал с высокими коррозионными свойствами</li> <li>• запах при контакте с влажными объектами</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• используется только в мокрых системах</li> </ul>

Реагент	Преимущества	Недостатки	Комментарии
Известь	<ul style="list-style-type: none"> <li>• средняя химическая активность (выше активность с HSS известью)</li> <li>• возможность работы при более высокой температуре с HSS известью</li> <li>• более низкие затраты/кг реагента</li> <li>• остатки с низкой растворимостью</li> <li>• имеется возможность утилизации гипса из мокрых скрубберов</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• обращение может быть проблематичным и трудной утилизация</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• остатки от сухой, промежуточной и полусухой систем на основе извести с высокой щелочностью</li> </ul>
Известняк	<ul style="list-style-type: none"> <li>• средняя химическая активность</li> <li>• более низкие затраты/кг реагента</li> <li>• остатки с низкой растворимостью</li> <li>• имеется возможность утилизации гипса из мокрых скрубберов</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• выделяется <math>\text{CO}_2</math>, который должен быть удален с помощью отбора из HCl скруббера</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• не применяется широко на мусоросжигательных заводах</li> <li>• используется в основном в мокрых системах</li> <li>• иногда используется в системах с кипящим слоем</li> </ul>
Бикарбонат натрия	<ul style="list-style-type: none"> <li>• высокая химическая активность с <math>\text{SO}_2</math> и HCl</li> <li>• низкие уровни потребления (стехиометрическое отношение – 1,25)</li> <li>• низкое образование остатков в зависимости от стехиометрии</li> <li>• возможны и применяются очистка и повторное использование остатков</li> <li>• эффективность в широком диапазоне рабочих температур дымовых газов (130-300°C) (см. комментарий ниже)</li> <li>• высокий диапазон рабочих температур и высокая эффективность в отношении <math>\text{SO}_2</math> может повысить совместимость с СКВ</li> <li>• не требуется впрыск воды/контроль влажности</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• выше растворимая часть в остатке</li> <li>• образующиеся растворимые твердые остатки могут стать проблемой при размещении (но возможно использование в химической промышленности)</li> <li>• более удельные высокие затраты, чем в случае извести</li> <li>• требуется устройство со сниженными размерами, и могут возникнуть проблемы с коэффициентом использования из-за обрастания</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 10-15 кг/т ТБО, сжигаемых без золы и котельной золы</li> </ul>

Наиболее значительные факторы воздействия между средами с учетом выбора реагентов следующие:

- образование количества остатков
- возможности утилизации образующихся остатков (вне участка)
- природа/состав остатков и их воздействие на последующее размещение/рециклинг
- образование и обращение со стоками, содержащими растворимые соли.

Остатки хлоридов от удаления хлористого водорода в дымовых газах являются высоко растворимыми.

Эксплуатационные данные приведены выше в табл. 4.1.48. Температурный диапазон, который является подходящим для процесса с сухим бикарбонатом натрия, связан с явлением преобразования бикарбоната натрия в карбонат натрия; это явление повышает площадь поверхности и пористость реагента, и, следовательно, его химическую активность. Явление можно наблюдать с температур около 100°C, но требуются более высокие температуры для обеспечения приемлемой кинетики реакции. С температуры 140°C кинетика бывает доста-

точно быстрой, и на практике происходит дальнейшее повышение химической активности при температурах 160-180°C. В некоторых случаях реализуются смешанные системы очистки дымовых газов: они могут работать либо с HSS известью, либо с бикарбонатом натрия. Таким образом, можно лучше регулировать затраты на реагенты.

Применимость реагентов оценена в таблице 4.1.49.

Таблица 4.1.49 ОЦЕНКА ПРИМЕНИМОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ЩЕЛОЧНЫХ РЕАГЕНТОВ

Критерии	Оценка/комментарии
Тип отходов	• NaOH хорошо годится для различных концентраций на входе, например сжигание опасных отходов
Производительность	• По затратным причинам NaOH менее привлекателен на крупных установках, чем CaCO <sub>3</sub>
Новая/существующая	• можно применять на обоих типах
Совместимость в процессе	• NaOH используется только в мокрых системах
Ключевые факторы размещения	• может быть влияние на варианты размещения/рециклинга в отношении образующихся остатков • влияние может быть от затрат в данной местности/наличия реагентов

Затраты, связанные с реагентами, являются одним из факторов при общем выборе системы газоочистки, и они могут не иметь решающего значения.

126

Общие затраты на реагенты зависят как от стоимости одного кг реагента, так и от требуемого количества (стехиометрическое отношение), а также от наличия и затрат на варианты обращения/размещения остатков. Например, для сухих систем газоочистки известь имеет самую низкую стоимость за кг из реагентов, но более низкие дозы внесения (кг реагента на тонну сжигаемых отходов) встречаются при применении бикарбоната натрия, и это означает, что эффективные затраты реагента на единицу сжигаемых отходов будут сходными. Определяющим фактором могут стать относительные цены и наличие вариантов переработки/размещения остатков.

Ключевыми движущими силами для выбора реагентов являются:

- способность очищать дымовые газы, образующиеся при сжигании данных отходов
- совместимость с остальной частью системы газоочистки/установки
- затраты реагентов на тонну сжигаемых отходов
- доступность и затраты на размещение/переработку остатков.

Известь, гидроксид натрия и известняк все используются в самых различных установках для сжигания отходов по всей Европе и в других местах. Общее количество установок для сжигания отходов только в одной Европе, использующих эти реагенты, оценивается в количестве, превышающее 100.

Сухой бикарбонат натрия используется более чем на 130 установках более чем в 10 европейских странах, а также в Японии (это имеет место также и в США)

Из этих 130 установок 75 относится к сжиганию отходов:

- 36 установок для сжигания ТБО (с приблизительной производительностью 2 млн. т/год ТБО)
  - установки для сжигания специализированных отходов (более 500 тыс. т/год)
- Другие установки для сжигания используют сухой бикарбонат натрия для сжигания утильных шин, осадков сточных вод и медицинских отходов:
- примерно 35 во Франции
  - 44 в Италии
  - другие в Германии, Бельгии, Португалии и Соединенном Королевстве.

#### ***4.1.4.3.6 Добавка мокрой газоочистки в качестве системы доочистки дымовых газов после других процессов очистки***

Можно считать, что добавление заключительной мокрой системы очистки дымовых газов представляет собой доочистку после других систем, которые предназначены для очистки от кислых газов и т.д. Это добавление обычно делается для регулирования выбросов HCl и SO<sub>2</sub>, когда они высокие или переменные.

Дополнительная надежность в снижении выбросов кислых газов (HCl, HF, SO<sub>2</sub>) в воздух до уровней в нижнем конце диапазона показана в разделе 4.1.4.4.3.1.

Применимость технологии представлена в разделе 4.1.4.3.1.

Применение происходит главным образом на существующих установках, на которых выбросы кислых газов высокие или переменные и существует желание контролировать их до низкого уровня. В большей степени это годится для отходов с высокой и переменной концентрацией хлора или других компонентов образующих кислоты (например, опасные отходы или ТБО, в состав которых входят промышленные отходы).

#### ***4.1.4.3.7 Рециркуляция остатков очистки дымовых газов в систему очистки***

Остатки, собираемые в рукавных фильтрах, используемых для сухой, полусухой и сходных (но не мокрых) систем очистки дымовых газов (см. также Разделы 4.1.4.3.2 и 4.1.4.3.4), обычно содержат значительную часть непрореагировавших реагентов для очистки дымовых газов, а также летучую золу и другие загрязняющие вещества, удаляемые из потока газа. Часть накопленных остатков может циркулировать в системе очистки дымовых газов.

Вследствие такой рециркуляции размеры системы газоочистки обычно возрастают для соответствия с дополнительным объемом материала, который рециркулирует.

Рециркуляция реагентов в системе дает следующие преимущества:

- снижение потребления реагентов (по сравнению с сухой и полусухой системами)
- снижение образования твердых остатков (содержащих меньше непрореагировавших реагентов).

Снижение выбросов в воздух сходно с теми выбросами, которые уже были представлены в Разделе 4.1.4.3.3.

Для этого способа наиболее значительными воздействиями между средами являются:

- образование твердых остатков (хотя их меньше, чем без рециркуляции)
- потребление энергии при использовании рукавного фильтра.

В некоторых случаях сообщали о росте выбросов ртути. Для контроля таких ситуаций требуется рассмотрение уровней ртути с входным потоком отходов и обеспечение достаточного удаления ртути. Эксплуатационные данные представлены в таблице 4.1.50.

**Т А Б Л И Ц А 4.1.50 ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ, СВЯЗАННЫЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕЦИРКУЛЯЦИИ ОСТАТКОВ**

Критерии	Описание факторов, воздействующих на критерии	Оценка (высокая/средняя/низкая)	Комментарии
Сложность	<ul style="list-style-type: none"> <li>• требуются дополнительные элементы для процесса</li> <li>• важнейшие аспекты эксплуатации</li> </ul>	Высокая/Средняя	<ul style="list-style-type: none"> <li>• требуется внимательность для обеспечения эффективной циркуляции реагентов и контроля влажности</li> </ul>
Гибкость	<ul style="list-style-type: none"> <li>• возможность технологии работать при изменении условий на входе</li> </ul>	Высокая/Средняя	<ul style="list-style-type: none"> <li>• большой буферный объем циркулирующих реагентов повышает гибкость</li> <li>• нет гибкости в отношении изменений на входе как в мокрой системе</li> </ul>
Требования к квалификации	<ul style="list-style-type: none"> <li>• дополнительное обучение или требования к комплектованию</li> </ul>	Средняя/Низкая	

Впрыскивание реагентов и уровни отбора остатков требуют оптимизации для предотвращения нагрузки на адсорбент и возможных выбросов вещества (например, ртути и PCDD/F, адсорбируемых на угле).

Требуется мониторинг уровня влажности и контроль для поддержания эффективности адсорбции кислых газов.

Мониторинг HCl во входящем потоке можно использовать для оптимизации уровней доз вводимых щелочных реагентов/воды.

Некоторые части системы очистки дымовых газов должны быть большими для введения дополнительного циркулирующего материала.

Применимость способа оценена в таблице 4.1.51.

**Т А Б Л И Ц А 4.1.51 ОЦЕНКА ПРИМЕНИМОСТИ РЕЦИРКУЛЯЦИИ ОСТАТКОВ**

Критерии	Оценка/комментарии
Тип отходов	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Все типы отходов, за исключением тех, у которых высокая флуктуация концентраций на входе, например, опасные отходы, если только они не будут объединены с другой системой для этих загрязняющих веществ</li> <li>• в настоящее время применяется для: ТБО, топлива из отходов, древесных отходов</li> </ul>
Производительность	<ul style="list-style-type: none"> <li>• нет ограничений</li> </ul>
Новая/существующая	<ul style="list-style-type: none"> <li>• нет специальных ограничений</li> <li>• необходим фильтр для более крупных систем в связи с рециркуляцией</li> </ul>

Совместимость в процессе	совместимость с системами газоочистки, кроме мокрой системы
Ключевые факторы размещения	требования к площади

Альтернативой этому способу, которая также снижает использование реагентов и образование остатков, является использование эффективных *прямоточных* систем. Т. е. таких систем, когда установка проектируется и эксплуатируется таким образом, чтобы используемые реагенты в основном реагировали (т.е. чтобы оставалось мало не прореагировавших реагентов) без рециркуляции. Анализы остатков очистки дымовых газов могут проводиться для определения доли прореагировавших и не прореагировавших реагентов.

Размер рукавного фильтра и возрастание затрат вследствие большей требуемой производительности для рециркуляции остатков.

Некапитальные затраты снижаются вследствие более низкого потребления реагентов (улучшенное стехиометрическое отношение по сравнению с сухими системами) и снижения затрат на размещение остатков.

Этот способ реализуется когда:

- требуется сокращение определенных реагентов
- требуется снижение образования остатков.

#### **4.1.4.3.8 Прямая добавка щелочных реагентов к отходам (прямая десульфурация)**

Способ обычно применяется только к печам с кипящим слоем.

Щелочные реагенты реагируют в печи с кислыми газами для снижения нагрузки неочищенных дымовых газов по кислым газам, поступающих на последующие стадии очистки.

Адсорбция в печи при высоких температурах намного более эффективна для  $SO_2$ , чем для HCl; основные применения, поэтому, связаны с процессами с относительно высоким содержанием  $SO_2$ , например, сжигание осадков.

Некоторое снижение нагрузки на неочищенные газы и снижение выбросов и потребления, связанного с газоочисткой на последующих стадиях

Для этого способа наиболее значительными воздействиями между средами являются:

- потребление реагентов в печи
- воздействия на качество шлака, так как соли и избыточные реагенты смешиваются с ним
- изменение состава дымовых газов (отношение  $SO_2/HCl$ ) может воздействовать на функционирование последующих систем газоочистки, может измениться профиль PCDD/F и могут возникнуть проблемы коррозии в системе газоочистки.

Добавка извести будет воздействовать не только на качество шлака, но также и на состав и электрическое сопротивление летучей золы (т.е. должно быть больше соединений кальция и серы и выше разбавление загрязняющих веществ возрастающим количеством остатков системы газоочистки).

Основным преимуществом способа является то, что с его помощью можно снизить проблемы коррозии в котле-утилизаторе. Так как стехиометрическое отношение достаточно высокое, общие показатели системы газоочистки не улучшаются.

Снижение затрат на очистку дымовых газов необходимо сопоставить с затратами на добавку реагентов на более ранней стадии.

Дополнительные капитальные затраты на впрыск реагентов в печь/отходы.

Реализуется как модернизация на существующих установках, когда имеются только ограниченные мощности для повышения возможностей для очистки кислых газов в системе.

#### **4.1.4.3.9 Использование мониторинга кислых газов для оптимизации процесса очистки дымовых газов**

С помощью использования быстродействующего мониторинга HCl выше по потоку и (или) ниже по потоку сухой и полусухой систем появляется возможность корректировать работу системы очистки дымовых газов с тем, чтобы количество используемого щелочного реагента было оптимизировано для заданного значения выбросов. Этот способ обычно применяется как дополнительный метод для регулирования пиковых концентраций, с созданием слоя реагента в рукавных фильтрах, обеспечивая также важный буферный эффект для флуктуаций реагента.

Этот способ не является важным для мокрых скрубберов, так как чистящей средой является вода, а поставка воды в мокрый скруббер контролируется с помощью испарения и темпов отбора, а не концентрацией HCl в неочищенном газе.

Иногда проводятся также измерения SO<sub>2</sub>. Однако просто предотвращение проскока HCl может оказать помощь в обеспечении того, что будет иметься достаточное количество реагента также и для контроля SO<sub>2</sub>, и, поэтому, снизить такие пиковые выбросы.

- прогнозируются пиковые нагрузки в неочищенном газе, и, поэтому, не происходит повышенных выбросов в воздух
- потребление нейтрализующего реагента можно снизить с помощью обеспечения его соответствия потребности
- снижение количества неиспользованных реагентов в остатках.

Время реакции контролирующего устройства должно быть быстрым для прохождения управляющего сигнала на оборудование для дозирования реагента своевременно для обеспечения эффективной реакции.

Контроль устойчивости к коррозии является важным, так речь идет о чрезвычайно агрессивной среде. Проблемой может также быть обрастание.

Изменение в дозировании для поддержания адсорбционной способности в системе очистки дымовых газов можно сделать:

- с помощью изменения расхода с использованием насосов с переменной скоростью или шнека-дозатора с переменной скоростью

Таблица 4.1.52 ОЦЕНКА ПРИМЕНИМОСТИ МОНИТОРИНГА НЕОЧИЩЕННОГО ГАЗА ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ГАЗООЧИСТКИ

Критерии	Оценка/комментарии		
Тип отходов	Особенно пригоден для сухих, полусухих и промежуточных процессов газоочистки с высокой флуктуацией кислотных газов на входе		
Производительность	Небольшие установки могут получить наибольшую выгоду, так как неконтролируемые отходы могут оказать большое влияние на системы с малой производительностью		
Критерии	Единицы	Диапазон достигаемых значений	Комментарии
Потребление энергии	кВт/ч/т отходов		Главным образом от падения давления через рукавный фильтр. Более высокая рабочая температура может привести к экономии для подогрева дымовых газов
Потребление реагентов	кг/т отходов	10-15	Цифры относятся к потреблению бикарбоната натрия на мусоросжигательном заводе
Стехиометрия реагентов	Отношение	1,25 (NaHCO <sub>3</sub> ) 1,5-2,5 (CaOH)	Типичный избыток 25% с карбонатом натрия. Более низкие значения с известью достигаются с рециркуляцией
Остатки – тип	кг		Остатки газоочистки с летучей золой или раздельно в случае предварительного обеспыливания
Остатки – количество	кг/т отходов	7-25	На одну тонну ТБО
Потребление воды	кг/т отходов	0	Не требуется
Образование стока	л/т отходов	0	Нет
Видимость шлейфа	+/0/-	0	Минимальное из всех систем

- с помощью изменения концентрации реагентов в полусухих системах, когда небольшие объемы смесителя повышают скорость изменения концентрации.

Применимость этого способа оценена в таблице 4.1.52.

Способ обычно не является необходимым для процессов с мокрыми скрубберами, благодаря их большей гибкости в отношении концентраций HCl на входе.

Менее применим способ, когда отходы однородные, а качество должным образом контролируется с помощью операций выбора, смешения или предварительной обработки. Наибольшая применимость, когда ограничен контроль качества отходов на входе в печь.

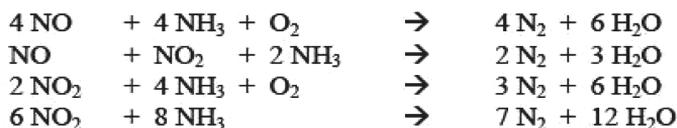
#### 4.1.4.4 Снижение выбросов оксидов азота

Первичные меры обычно имеют большое значение для снижения образования NOx на стадии горения. Они были описаны ранее в этом документе (см. 4.1.1 и 4.1.2). Они относятся главным образом к управлению и подготовке отходов, и в частности к применяемым методам термической переработки. Этот раздел Справочного документа НДТ имеет отношение к способам, которые применяются для снижения выбросов NOx с помощью применения вторичных способов подавления. В общем, используется сочетание первичных и вторичных способов.

132

##### 4.1.4.4.1 Селективное каталитическое восстановление (СКВ)

Самые распространенные реакции СКВ, которые катализируются, это:



При сжигании отходов СКВ обычно применяется после обеспыливания и очистки от кислых газов (примеры использования этого способа для газов с высоким содержанием пыли или грязного газа редкие). При использовании способа обычно требуется подогрев дымовых газов после ранних стадий газоочистки (обычно температура на выходе из газоочистки составляет 70°C для мокрых систем и 120-180°C для большинства рукавных фильтров) для достижения рабочих температур для системы СКВ (см. ниже). Размещение СКВ непосредственно после системы горячего обеспыливания не является обычным, но используется на некоторых установках в Европе, и оно может предотвратить недостаток любого подогрева дымовых газов по всей линии газоочистки.

Сообщалось, что диапазон рабочих температур для систем СКВ составляет 180-450°C. Однако самым распространенной для систем является работа в диапазоне 230-320°C. При самых низких рабочих температурах обычно требуются очищенные дымовые газы на входе в СКВ. Концентрация SO<sub>2</sub> в дымовых газах может быть важной, так как она может быть причиной отравления катализатора.

Материал катализатора обычно состоит из носителя ( $\text{TiO}_2$ ) с добавкой активных веществ ( $\text{V}_2\text{O}_5$  и  $\text{WO}_3$ ).

Достижимые выгоды для окружающей среды (снижение выбросов в воздух) представлено в таблице 4.1.53.

Таблица 4.1.53 УРОВНИ ВЫБРОСОВ, СВЯЗАННЫЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СКВ

Вещества	Диапазон эффективности снижения (%)	Достижимый диапазон выбросов				Комментарии
		Получаемое среднее $\text{мг/м}^3$	Средне-суточное $\text{мг/м}^3$	Средне-годовое $\text{мг/м}^3$	Удельные выбросы (г/т отходов)	
$\text{NO}_x$	>80%	15-220	15-100	15-100	0,15-0,60	
$\text{NH}_3$	Нет данных		<10			
$\text{N}_2\text{O}$	Нет данных					Не поставляется

Кроме того, в случае специального конструирования (дополнительный слой катализатора, повышенная рабочая температура) СКВ может также каталитически разрушать PCDD/F (см. 4.1.4.5.3). Эффективность деструкции составляет 98-99,9%, что дает концентрации PCDD/F в диапазоне 0,05-0,002  $\text{нг/м}^3$  TEQ.

Применение  $\text{NO}_x$  обычно приводит к снижению выбросов  $\text{NO}_x$  до более низких значений, чем другие способы. Основными недостатками являются повышенные капитальные затраты и потребление энергии (обычно природный газ, дизельное топливо или пар высокого давления), которая требуется для подогрева дымовых газов до температуры реакции катализатора. Выбор систем, которые работают эффективно при низком пределе этого температурного диапазона, а использование теплообмена снижает потребность в дополнительной энергии.

Для этого способа наиболее значительным воздействием между средами является потребность в энергии для нагрева дымовых газов. Однако эта величина может быть снижена, если рабочая температура катализатора будет низкой. Однако в таких случаях регенерация катализатора (которая обычно проводится вне участка) потребует энергии для регенерации катализатора с помощью отгонки образующейся соли.

Потребность в энергии подогрева (и затраты) обычно заметно снижается при использовании теплообменника, который использует тепло с выхода СКВ для подогрева входа СКВ. Потери энергии, и, следовательно, дополнительная потребность снижаются для теплообмена. В случаях, когда существует потребность в горячей воде, может быть достигнута дополнительная экономия с помощью установки дополнительного теплообменника для утилизации энергии на выходе СКВ для поставки. Такая система была использована фирмой SYSAN в городе Мальмё, Швеция.

На двух диаграммах ниже показано применение СКВ в нисходящем потоке не мокрой (т.е. сухой или полусухой) газоочистки и мокрой системы.

Приведены температурные профили. Можно видеть, что вторая система (с мокрой газоочисткой) в этом случае включает дополнительную стадию теплообмена. Такая система снижает потребность в подаче дополнительной энергии, но результатом является более холодный сброс конечных дымовых газов. Более холодный выброс из дымовой трубы требует специальных мер для предотвращения коррозии дымовой трубы, и, вероятно, повышается видимость шлейфа загрязнения.

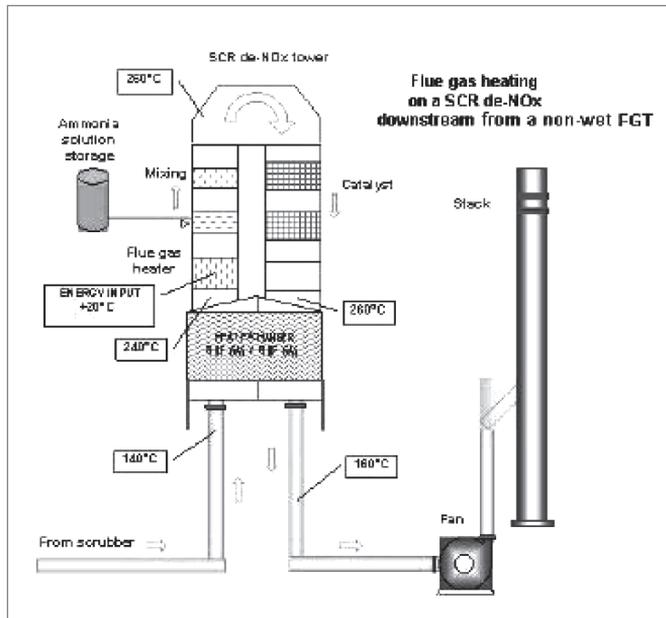


Рисунок 4.1.7 - Диаграмма системы СКВ в нисходящем потоке не мокрой газоочистки, показывающая типичный теплообмен и температурные профили

Пояснения к рисунку:

SCR de-NOx tower – селективное каталитическое восстановление – аппарат башенного типа для удаления оксидов азота

Ammonia solution storage – хранение раствора аммиака

Mixing – смешение

Catalyst – катализатор

Stack – дымовая труба

Flue gas heating on SCR de-NOx downstream from a non-wet FGT – подогрев дымовых газов для аппарата селективного каталитического восстановления оксидов азота в нисходящем потоке не мокрой газоочистки

Flue gas heater – подогреватель дымовых газов

ENERGY INPUT – поступление энергии

Heat exchanger Rue gas/flue gas – теплообменник неочищенного газа/дымовых газов

From scrubber – от скруббера

Fan – дымосос

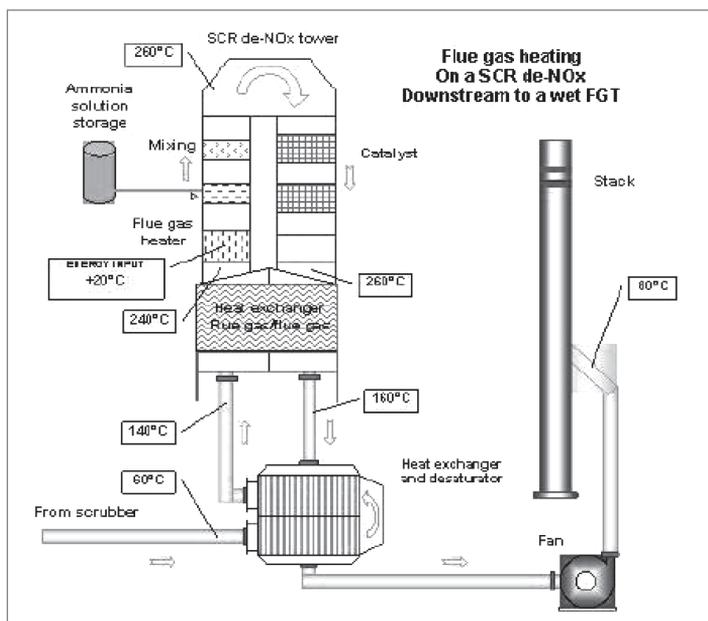


Рисунок 4.1.8 - Диаграмма системы СКВ в нисходящем потоке системы газоочистки, показывающая дополнительный теплообмен и температурные профили

Пояснения к рисунку:

Flue gas heating on a SCR de-NOx Downstream to a wet FGT – подогрев дымовых газов для аппарата селективного каталитического восстановления оксидов азота в нисходящем потоке мокрой газоочистки  
Heat exchanger and desaturator – теплообменник и осушитель

Остальные обозначения такие же, что и на рис. 4.1.7

Уровни потребления реагента (обычно раствор аммиака) ниже при этом способе, чем в случае СНКВ.

Воздействия между средами идентифицированы в таблице 4.1.54.

Таблица 4.1.54 ВОЗДЕЙСТВИЯ МЕЖДУ СРЕДАМИ, СВЯЗАННЫЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СКВ

Критерии	Единицы	Диапазон достигаемых значений	Комментарии
Потребление энергии	кВт/ч/т отходов	65-100 термический 10-15 электрический	Термический относится к подогреву, электрический к дополнительному падению давления через слой катализатора
Потребление реагентов	кг/т отходов	3,2 (3,61)	25% раствор аммиака
Стехиометрия реагентов	Отношение	1-1,1	Цифры относятся к концентрации загрязнителей на входе
Остатки – тип			Отработанный катализатор при замене
Остатки – количество	кг/т отходов	0,01	
Потребление воды	кг/т отходов	0	Не требуется
Образование стока	л/т отходов	0	Нет
Видимость шлейфа	+0/-	-	Снижается вследствие подогрева, применяемого к СКВ

Примечание: данные в этой таблице предназначены для получения представления о типичном рабочем диапазоне. Точные количества образующихся остатков и стоков будут зависеть от многих факторов, включая концентрации в неочищенном газе (относящиеся к отходам), расходы, концентрации реагентов и т.д. Эксплуатационные данные приведены в таблице 4.1.55.

Таблица 4.1.55 ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ, СВЯЗАННЫЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СКВ

Критерии	Описание факторов, воздействующих на критерии	Оценка (высокая/средняя/низкая)	Комментарии
Сложность	<ul style="list-style-type: none"> <li>• требуются дополнительные элементы для процесса</li> <li>• важнейшие аспекты эксплуатации</li> </ul>	Высокая	Требуется дополнительный элемент технологического процесса
Гибкость	<ul style="list-style-type: none"> <li>• возможность технологии работать при изменении условий на входе</li> </ul>	Высокая	Обычно достигаются высокие уровни восстановления. Чувствительность к концентрациям $SO_2$ , $SO_3$ и P на входе. Многоцелевое снижение выбросов NOx и PCDD/F
Требования к квалификации	<ul style="list-style-type: none"> <li>• дополнительное обучение или требования к комплектованию</li> </ul>	Высокая/Средняя	

Температура катализатора оказывает значение на (относительную скорость) реакций. Оптимальный температурный диапазон для каталитического восстановления зависит от типа используемого катализатора, и обычно колеблется от 200 до 350°C. Другие типы катализаторов имеют более низкие оптимальные температуры.

Вообще, более низкая рабочая температура катализатора имеет своим следствием пониженную скорость реакции (скорость восстановления NO замедляется относительно больше вследствие пониженных температур, чем скорость  $NO_2$ ) и возможен проскок аммиака. Более высокие температуры имеют своим следствием укороченный срок службы катализатора, и это может привести к окислению  $NH_3$  и образованию дополнительных оксидов азота.

Пониженные температуры систем СКВ обычно менее эффективны для деструкции PCDD/F, и могут потребоваться дополнительные слои катализатора. Системы с пониженной температурой обычно требуют более чистых дымовых газов на входе, и особенно важно иметь низкие значения  $SO_2$ .

Низкая рабочая температура СКВ требует наличия автоматизированного устройства для чистки (например, воздушный сажепродуватель). Требуется регулярная регенерация для обеспечения удаления солей аммония. Частота регенерации в случае систем с пониженной температурой может составлять 1000 ч. Такая частота может стать критической с точки зрения эксплуатации, так как это может привести к повышенным уровням загрязнения HCl и  $SO_2$  в конечных дымовых газах.

Достижимые выгоды для окружающей среды могут зависеть от порядка расположения элементов в системе очистки дымовых газов. Когда СКВ находится перед скруббером, эффективность восстановления  $\text{NO}_x$  может быть снижена, что приведет к значениям выбросов для  $\text{NO}_x$ , которые выше представленных в табл. 4.1.44.

Катализаторы. Критерии для определения типа катализатора, который будет использоваться:

- температура дымовых газов
- требуемое снижение  $\text{NO}_x$
- допустимый проскок аммиака
- допустимое окисление диоксида серы
- концентрация загрязняющих веществ
- срок службы катализатора
- требования к дополнительной деструкции газообразных PCDD/F
- концентрация пыли в дымовых газах.

Следующие типы ухудшения свойств ограничивают срок службы катализаторов:

- отравление: когда активный центр катализатора заблокирован соединением с сильной связью
- отложение: когда поры заблокированы мелкими частицами конденсированных солей, таких как бисульфат аммония ( $\text{NH}_4\text{HSO}_4$ ) – это можно снизить с помощью снижения концентрации  $\text{SO}_x$  на входе, и частично этот процесс обратим за счет подогрева катализатора
- спекание: когда при слишком высокой температуре микроструктура катализатора разрушается
- эрозия: вследствие механического повреждения, вызываемого твердыми частицами.

Сообщают, что срок службы катализаторов составляет от трех до пяти лет.

Капли на выходе из системы скруббера, которые вызывают отложение соли, считаются решающим фактором, который повышает степень разрушения катализатора.

Примечание: *Срок службы* катализатора – это число часов до того момента, когда катализатор больше не сможет обеспечивать требуемого восстановления  $\text{NO}_x$  без превышения согласованного максимального проскока  $\text{NH}_3$ . Следовательно, когда принимается решение о применении способа СКВ, должны быть гарантированы предельные значения выбросов как для  $\text{NO}_x$ , так и для  $\text{NH}_3$ .

Применимость этого способа оценена в таблице 4.1.56.

Таблица 4.1.56 ОЦЕНКА ПРИМЕНИМОСТИ СКВ

Критерии	Оценка/комментарии
Тип отходов	• Можно применять для отходов любого типа отходов
Производительность	• Можно применять для любой производительности, но наиболее часто по экономическим причинам применяют для установок средней и высокой производительности

Новая/существующая	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Часто заключительная часть процесса, которая может быть применена к новым или существующим процессам</li> </ul>
Совместимость в процессе	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Большею частью требуется предварительное обеспыливание дымовых газов и может также потребоваться удаление <math>SO_2/SO_3</math>. Может также потребоваться удаление HCl.</li> <li>• Для работы требуется минимальная температура на входе</li> <li>• Использование СКВ может позволить снизить выбросы <math>NO_x</math> без дополнительных способов, если применяются низкие значения предельных выбросов</li> </ul>
Ключевые факторы размещения	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Места с высокой чувствительностью к <math>NO_x</math> могут быть полезными благодаря дополнительному восстановлению <math>NO_x</math>, достижимому с использованием этого способа</li> <li>• требуются дополнительные площади для процесса</li> </ul>

Информация о капитальных затратах для способа приведена в таблице 4.1.57.

**Таблица 4.1.57 ОЦЕНЕННЫЕ КАПИТАЛЬНЫЕ ЗАТРАТЫ ВЫБРАННЫХ КОМПОНЕНТОВ ТИПИЧНЫХ СИСТЕМ ОЧИСТКИ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СКВ И СНКВ**

Компоненты газоочистки	Оцененные капзатраты (млн. евро)	Комментарии
Рукавный фильтр	2	
Распылительная сушка	1-1,5	
СНКВ/испарительный охладитель/впрыск реагентов/ рукавный фильтр	7	Пример типичного сочетания
Испарительный охладитель/впрыск реагентов/рукавный фильтр/СКВ	10	Пример типичного сочетания

В табл. 4.1.57 показаны для описанных установок (с использованием полусухой технологии) капитальные затраты при использовании СКВ вместо СНКВ, которые возрастают на 3 млн. евро.

Капитальные затраты для СКВ применительно к двум технологическим линиям на 200000 т/год по сжигаемым ТБО оценены в 4 млн. евро. Они сравниваются примерно с 1 млн. евро для СНКВ.

Недавнее исследование De  $NO_x$  (снижение выбросов оксидов азота) показало, что капитальные затраты для блока СКВ применительно к установке с производительностью 15 т/ч (т.е. 100000 т/год) находятся в диапазоне от 7,5 до 9,5 млн. евро.

Эксплуатационные затраты для удаления одной тонны  $NO_x$  находятся в диапазоне от 1000 до 4500 евро, с тенденцией снижения затрат. Если эти затраты распределить к стоимости переработки (сжигания) одной тонны отходов, то это будет соответствовать 5-7,7 евро. Эксплуатационные затраты на систему СНКВ обычно на 25-40% ниже, чем для СКВ (в зависимости от реагента для СНКВ, температуры для СКВ, подогрева и т.д.).

Крупные установки с повышенными расходами газа и экономикой масштаба в большей мере способны нести дополнительное бремя затрат СКВ, так как затраты будут распределены на большее количество отходов.

Пар высокого давления можно использовать для подогрева СКВ. На установках, на которых получают низкий доход за энергию (либо за тепловую энергию,

либо за тепловую, преобразованную в электрическую энергию), его использование для подогрева связано со снижением потерь дохода, чем в случае, когда получают высокий доход. Из этого следует, что эксплуатационные затраты для СКВ, поэтому, будут фактически ниже на тех установках, которые принимают низкие платежи за пар среднего и высокого давления.

Пример: Новая линия на мусоросжигательном заводе в Южной Швеции 2002/3. Капитальные затраты на СКВ для новой линии мусоросжигательного завода (в ценах 2002 г.) на 25 т/ч (ориентировочный расход дымовых газов 150000 м<sup>3</sup>/ч) были оценены в 5-7 млн. евро. Имеется некоторая неопределенность в этих затратах вследствие того, что СКВ покупали как часть общей системы газоочистки.

Для этого примера структура затрат для использования СКВ была получена из следующего расчета.

Предотвращенные затраты: предотвращается взимание налога на снижение выбросов NO<sub>x</sub> (такие налоги применяются в Швеции (с размером налога ориентировочно 4500 евро/т NO<sub>x</sub>)).

Деструкция газообразных PCDD/F может означать, что это экономия на других мерах для контроля выбросов PCDD/F (см. Раздел 4.1.4.5.3).

Понесенные издержки: финансирование повышенных капитальных затрат на СКВ + потеря дохода от тепла/пара, используемого для СКВ, который в ином случае был бы продан + любое дополнительное потребление реагента или затраты на замену катализатора.

Этот способ реализуется там, где:

- разрешенные значения для NO<sub>x</sub> установлены ниже 100 мг/нм<sup>3</sup>
- крупные установки были идентифицированы как вносящие значительный вклад в местные выбросы NO<sub>x</sub>
- установлены налоги на NO<sub>x</sub> на таком уровне, что способ становится экономически благоприятным
- имеется высокое давление пара для подогрева дымовых газов (это снижает эксплуатационные затраты, когда получается низкий доход от произведенной энергии).

#### 4.1.4.4.2 Селективное некаталитическое восстановление (СНКВ)

В процессе СНКВ аммиак (NH<sub>3</sub>) или мочевины (CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>) впрыскивается в печь для снижения выбросов NO<sub>x</sub>. NH<sub>3</sub> реагирует более эффективно с NO<sub>x</sub> в диапазоне температур от 850 до 950°C, хотя температуры до 1050°C являются эффективными при использовании мочевины. Если температура такая высокая, в результате конкурирующей окислительной реакции образуются нежелательные NO<sub>x</sub>. Если температура слишком низкая, или время пребывания для реакции между NH<sub>3</sub> и NO<sub>x</sub> недостаточно, эффективность восстановления NO<sub>x</sub> снижается, и могут возрасти выбросы избыточного аммиака. Это известно как *проскок аммиака*. Некоторый проскок аммиака будет всегда происходить вследствие химии реакции. Дополнительный проскок аммиака может быть вызван

избытком или плохо оптимизированным впрыском реагента.

Достижимые выгоды для окружающей среды (снижение выбросов в воздух) представлено в таблице 4.1.58.

Таблица 4.1.58 УРОВНИ ВЫБРОСОВ, СВЯЗАННЫЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СНКВ

Вещества	Диапазон эффективности снижения (%)	Достижимый диапазон выбросов				Комментарии
		Получасовое среднее мг/нм <sup>3</sup>	Среднесуточное мг/нм <sup>3</sup>	Среднегодовое мг/нм <sup>3</sup>	Удельные выбросы (г/т отходов)	
NO <sub>x</sub>	30-75%	150-400	80-180	70-180	0,4-1,2	Изменяется с изменением дозировки, типом отходов и камеры сжигания
NH <sub>3</sub>	Нет данных		5-30			Минимум при использовании мокрых скрубберов. См. примечание под табл.
N <sub>2</sub> O	Нет данных		10-30			См. примечание под табл.

Примечания:

Выбросы N<sub>2</sub>O быстро возрастают с повышением дозы реагента, требуемой для достижения NO<sub>x</sub> ниже 120 мг/нм<sup>3</sup>. Выбросы N<sub>2</sub>O зависят от температуры реакции (в печи) и от реагента. Обычно повышенные выбросы N<sub>2</sub>O достигаются скорее с мочевиной, чем с аммиаком. При использовании мочевины выбросы N<sub>2</sub>O могут быть выше.

Для достижения более высокой эффективности снижения выбросов NO<sub>x</sub> требуется более высокая доза реагента, что может привести к повышенным расходам аммиака. В нисходящем потоке дымовых газов NH<sub>3</sub> затем может абсорбироваться, но потребуются меры в связи с его наличием в сточных водах, например, отгонка аммиака.

Основным источником выбросов N<sub>2</sub>O в СНКВ является использование мочевины вместо аммиака (что приводит к выбросам N<sub>2</sub>O в 2-3 более высоким, чем в случае восстановления аммиаком). Для снижения образования N<sub>2</sub>O, поэтому, важно оптимизировать выбор реагента (аммиак или мочевина) и контролировать условия процесса (в особенности смешение газа, температура и расход аммиака).

Сообщалось, что применение СНКВ может также снизить образование PCDD/F (хотя количественные подтверждения не предоставлены).

Воздействия между средами идентифицированы в таблице 4.1.59.

**Таблица 4.1.59 ВОЗДЕЙСТВИЯ МЕЖДУ СРЕДАМИ, СВЯЗАННЫЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СНКВ**

Критерии	Единицы	Диапазон достигаемых значений	Комментарии
Потребление энергии	кВт/ч/т отходов	45-50 термическое	Охлаждающий эффект от впрыска в печь
Потребление реагентов	кг/т отходов	8,25 (9,51)	25% раствор аммиака
Стехиометрия реагентов	Отношение	2-3	
Остатки – тип			Нет
Остатки – количество	кг/т отходов		Нет
Потребление воды	кг/т отходов		Незначительное
Образование стока	л/т отходов		Нет
Видимость шлейфа	+/-	0	Незначительный эффект

Для этого способа самыми значительными аспектами воздействия между средами являются:

- потребление энергии (ниже, чем для СКВ)
- возможное образование  $N_2O$  (с высоким потенциалом глобального потепления) и проскок аммиака, если нет должного контроля процесса СНКВ
- потребление реагента (выше, чем для СКВ)
- вследствие проскока аммиака могут загрязняться остатки и сточные воды; возможна утилизация аммиака.

В случае полусухой, промежуточной и сухой систем газоочистки на основе извести проскок аммиака абсорбируется  $CaCl_2$ , образующимся при удалении  $HCl$ . Если этот остаток впоследствии будет взаимодействовать с водой, будет выделяться  $NH_3$ . Это может иметь последствия в отношении очистки остатков в нисходящем потоке или стабилизации цементом.

Может потребоваться удаление аммиака в случае мокрых систем для соблюдения местных стандартов для сбросов или для того чтобы обеспечить адекватное осаждение, например, кадмия и никеля из сточных вод. Добавка такого процесса связана с эксплуатационными сложностями и затратами.

Эксплуатационные данные приведены в таблице 4.1.60.

**Таблица 4.1.60 ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ, СВЯЗАННЫЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СНКВ**

Критерии	Описание факторов, воздействующих на критерии	Оценка (высокая/средняя/низкая)	Комментарии
Сложность	<ul style="list-style-type: none"> <li>• требуются дополнительные элементы для процесса</li> <li>• важнейшие аспекты эксплуатации</li> </ul>	Средняя	<ul style="list-style-type: none"> <li>• требуется оборудование для впрыска реагента, но не отдельный реактор (сравните с СКВ)</li> <li>• важной является оптимизация температуры и впрыска реагента</li> </ul>

Критерии	Описание факторов, воздействующих на критерии	Оценка (высокая/средняя/низкая)	Комментарии
Гибкость	• возможность технологии работать при изменении условий на входе	Средняя	• удовлетворительное восстановление NO <sub>x</sub> по всему диапазону входных концентраций • важное влияние температуры
Требования к квалификации	• дополнительное обучение или требования к комплектованию	Средняя	• требуется внимательность при контроле и оптимизации уровней впрыска

Основными факторами, влияющими на функционирование, являются:

- смешение реагентов с отходящими газами
- температура
- время пребывания в соответствующем температурном окне.

Повышение дозы вводимого реагента обычно приводит к снижению выбросов NO<sub>x</sub>. Однако это может повысить проскок аммиака и выбросы N<sub>2</sub>O (особенно с мочевиной).

Проскок аммиака улавливается, если используются мокрые скрубберы. Его можно также удалить из потока стоков с использованием отгонки аммиака, хотя это прибавляет сложность в работе, а также повышает капитальные и эксплуатационные затраты. Регенерированный аммиак можно затем использовать в качестве сырья для процесса ШКВ.

Обычно концентрации N<sub>2</sub>O возрастают по мере снижения концентраций NO<sub>x</sub>. При неблагоприятных условиях могут быть достигнуты уровни свыше 50 мг/м<sup>3</sup>, в то время как в благоприятных условиях уровни выбросов находятся ниже 10 мг/м<sup>3</sup>. Для снижения образования N<sub>2</sub>O, поэтому, важно оптимизировать и контролировать условия процесса.

Количество впрыскиваемого NH<sub>3</sub> зависит от концентрации NO<sub>x</sub> в неочищенном газе, а также от требуемого восстановления NO<sub>x</sub>. NH<sub>3</sub> вводится в дымовые газы с помощью впрыска водного раствора аммиака. Чаще всего используемыми растворами являются (концентрированные или разбавленные растворы) аммиачная вода (NH<sub>4</sub>OH) или мочевины. Использование мочевины является эффективным для относительно небольших блоков, так как мочевины может храниться в твердом виде (в мешках), и хранение аммиака (включая соответствующие требования безопасности) не требуется в таком случае. Для более крупных блоков более эффективным обычно является использование аммиака.

Важным является эффективное смешивание реагентов и NO<sub>x</sub> в дымовых газах при оптимальной температуре для достижения высокой эффективности удаления NO<sub>x</sub>. Для того чтобы достичь оптимальной температуры и для компенсации флуктуаций температуры можно установить несколько комплектов впрыскивающих сопел на различных уровнях печи, обычно в первом проходе.

В принципе, ШКВ можно применять, когда имеется температурное окно в диапазоне от 850 до 1050°C. На большинстве установок для сжигания отходов это окно находится в верхней части печи.

Системы СНКВ работают лучше всего в устойчивых условиях эксплуатации (равномерное распределение аммиака и концентраций  $\text{NO}_x$ ), Когда рабочие условия не являются устойчивыми, могут происходить проскок аммиака (чрезмерные выбросы аммиака), неадекватная очистка от  $\text{NO}_x$  или образование  $\text{N}_2\text{O}$ .

В таблице 4.1.61. оценена применимость этого способа.

Таблица 4.1.61 ПРИМЕНИМОСТЬ СНКВ

Критерии	Оценка/комментарии
Тип отходов	Любой
Производительность	Любая
Новая/существующая	Размещение мест впрыска может стать проблемой на некоторых существующих установках
Совместимость в процессе	Повышенные дозы впрыска (и, следовательно, пониженные выбросы $\text{NO}_x$ ) можно использовать без проскока аммиака, когда применяется мокрая газоочистка в нисходящем потоке (где абсорбируется избыточный аммиак). В таких случаях может потребоваться удаление аммиака для снижения его уровней в стоках – уловленный аммиак можно вторично подать для впрыска в СНКВ

Максимальная эффективность снижения при нормальной работе способа составляет приблизительно 75%. Поэтому обычно СНКВ не используют там, где требуется высокий уровень подавления выбросов оксидов азота, обычно это соответствует уровням выбросов  $\text{NO}_x$  ниже 100 мг/нм<sup>3</sup> (среднесуточное значение). Требуется более высокая доля внесения реагента для достижения уровня подавления >75%, и это означает, что для достижения проскока аммиака <10 мг/нм<sup>3</sup> может потребоваться принятие дополнительных мер, таких как использование в нисходящем потоке мокрой газоочистки, а затем способов для регулирования уровней аммиака в стоках.

Ключевыми аспектами этого способа являются:

- капитальные затраты значительно ниже, чем для СКВ (см. табл. 4.1.57)
- если добавляется улавливание аммиака, капитальные все еще на 10-30% ниже, чем в случае СКВ
- затраты на потребление реагентов выше, чем в случае СКВ
- эксплуатационные затраты ниже, чем в случае СКВ, главным образом вследствие пониженных требований в энергии для подогрева дымовых газов.
- Этот способ применяется тогда, когда:
- разрешенное среднесуточное установленное значение выбросов находится в диапазоне от 100 до 200 мг/нм<sup>3</sup>
- нет возможностей для установки СКВ
- имеются подходящие места для впрыска реагента (включая соблюдение требований к температуре).

Если стоков с высоким содержанием аммиака разрешен, тогда использование этого способа с мокрой системной газоочистки будет более экономичным, так как не будет требования по отгонке аммиака.

#### 4.1.4.3 Оптимизация выбора реагентов для восстановления $\text{NO}_x$ СНКВ

Реагентами, которые используются для СНКВ, являются аммиак и мочевины. Преимущества и недостатки их выбора отражены в приведенной ниже таблице. При выборе реагента необходимо учитывать различные факторы, связанные с эксплуатационными показателями процесса и затратами на него, для обеспечения оптимального выбора для соответствующей установки (см. табл. 4.1.62.).

Таблица 4.1.62 ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОЧЕВИНЫ И АММИАКА ДЛЯ СНКВ

Реагент	Преимущества	Недостатки
Аммиак	<ul style="list-style-type: none"> <li>• возможность подавления высоких пиковых значений <math>\text{NO}_x</math> (при хорошей оптимизации)</li> <li>• более низкие выбросы <math>\text{N}_2\text{O}</math> (10-15 мг/нм<sup>3</sup>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• суженный эффективный диапазон температур (850-950°C), поэтому, требуется большая оптимизация</li> <li>• больше приходится иметь дело с обращением и хранением опасного вещества</li> <li>• повышенные затраты на тонну отходов</li> <li>• проскок аммиака примерно 10 мг/нм<sup>3</sup></li> <li>• запах от остатков при их контакте с влажной средой</li> </ul>
Мочевина	<ul style="list-style-type: none"> <li>• шире диапазон эффективных температур (540-1000°C); поэтому температурный контроль менее критичен</li> <li>• меньше опасность при хранении и обращении</li> <li>• ниже затраты на тонну отходов</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• меньший потенциал подавления пиковых значений <math>\text{NO}_x</math> (по сравнению с аммиаком при оптимизации)</li> <li>• выше выбросы <math>\text{N}_2\text{O}</math> (25-35 мг/нм<sup>3</sup>), и, следовательно, потенциал глобального потепления</li> <li>• проскок аммиака порядка 1 мг/нм<sup>3</sup></li> </ul>

Примечание: Пониженные затраты на мочевины наиболее значимы для относительно небольших установок. Для более крупных установок повышенные затраты на хранение аммиака могут быть полностью компенсированы более низкими затратами на химика.

Новые процессы могут быть специально спроектированы для достижения устойчивых и предсказуемых условий горения, с выбором оптимальных мест для впрыска реагентов, что позволит обеспечить выгоды применения аммиака (т.е. подавление максимальных пиковых значений  $\text{NO}_x$  с минимальными выбросами оксидов азота). Те существующие процессы, которые характеризуются стабильными и хорошо контролируруемыми условиями горения и профилем температур в печи, также будут в состоянии получить максимальную выгоду.

Существующие процессы, которые сталкиваются с трудностями в стабилизации условий сжигания (например, по причинам конструкции, регулирования или типа отходов), с меньшей вероятностью в состоянии оптимизировать впрыск реагента (место, температура, смешение), и могут, поэтому, получить выгоду от использования мочевины. Однако, если ожидаются температуры выше 1000°C, более значительными при использовании мочевины станут уровни образования  $\text{N}_2\text{O}$ .

В случаях, когда преимущества и недостатки уравновешены, хранение и обращение с опасными веществами может оказать большее воздействие на окончательный выбор реагента.

Результатом применения обоих реагентов является снижение выбросов  $\text{NO}_x$ . Выбор реагента, который лучше всего подходит для характеристик сжигания отходов в печи, должен привести к самому эффективному снижению выбросов,

т.е. эффективному снижению выбросов  $\text{NO}_x$  с минимальным проскоком аммиака и образованием  $\text{N}_2\text{O}$ .

Оптимизация выбора реагента должна привести к оптимизации подавления образования  $\text{NO}_x$  с минимальным проскоком аммиака и выбросами  $\text{N}_2\text{O}$ .

Сообщают, что аммиак существенно дороже для использования, чем мочевины. Требования к обращению и хранению жидкого, газообразного аммиака и в виде раствора обычно более жесткие, и, следовательно, его применение будет дороже, чем применение мочевины, которую можно хранить в твердом виде, что вносит вклад при сравнении затрат.

Хранение более 50 т газообразного аммиака контролируется в рамках Директивы СОМАН<sup>16</sup>. Это может привести к чрезмерным затратам вследствие требований местных органов власти и процедур получения разрешений. В большинстве случаев аммиак используется в виде раствора. В данном случае еще остаются требования к безопасности, но они менее жесткие, чем в отношении газообразного или жидкого аммиака.

Более низкие затраты на мочевины имеют силу только для относительно небольших установок. Для более крупных установок более высокие затраты на хранение аммиака могут быть полностью скомпенсированы более низкими затратами на химикаты.

Требования по эффективному снижению выбросов  $\text{NO}_x$ , без чрезмерных выбросов  $\text{N}_2\text{O}$ , которая имеет высокий потенциал глобального потепления (в 310 раз больше, чем  $\text{CO}_2$ ).

#### **4.1.4.4 Замена вторичного воздуха рециркуляцией дымовых газов**

См. Раздел 4.1.2.12.

#### **4.1.4.5 Снижение выбросов PCDD/F**

Для большинства отходов невозможно при сжигании отходов выполнить предельные значения выбросов Директивы ЕС 2000/76 ( $0,1 \text{ нг/м}^3$ ) только с помощью первичных (т.е. связанных со сжиганием) мер. Вторичные (т.е. подавление) меры, поэтому, необходимы. В общем, достижение таких значений выбросов связано с использованием первичных способов для снижения образования PCDD/F с вторичными мерами для дальнейшего снижения уровня выбросов в воздух.

##### **4.1.4.5.1 Первичные способы предотвращения образования PCDD/F**

Первичные способы не рассматриваются в этом разделе (который относится к аспектам газоочистки), а в других местах, как описано ниже.

Основным условием предотвращения образования PCDD/F в установке для сжигания отходов является хорошо регулируемый процесс сжигания, предотвращающий образование предшественников (прекурсоров) диоксинов и фура-

<sup>16</sup> Директива Совета 96/82/ЕС от 9 декабря 1996 г. о контроле за основными авариями, связанными с опасными веществами. Эта Директива заменила Директиву 85/501.ЕЕС (Директиву Севесо), относящуюся к последствиям аварии с выбросами диоксинов в итальянском городе Севесо в 1976 г.

нов. Технологии, которые применимы для улучшения аспектов, связанных со сжиганием, которые должны привести к общему улучшению показателей сжигания, включая снижение риска образования PCDD/F, рассмотрены в предыдущих разделах этой главы. В частности, в следующих разделах:

#### **4.4.1 Принятая практика, применявшаяся до стадии термической обработки**

Этот раздел является полезным в том, что относится к контролю и подготовке отходов перед их сжиганием. Улучшение характеристик сжигания и знания об отходах, которые являются результатом применения этих способов, способствуют улучшению последующего регулирования сжигания, и, следовательно, снижает риски образования PCDD/F.

#### **4.4.2 Термическая переработка**

Как уже отмечалось в предыдущем абзаце, хорошо контролируемое сжигание помогает в деструкции PCDD/F и их предшественников, которые уже могут быть в отходах, и в предотвращении образования предшественников. Способы, перечисленные в этом разделе, применимы к соответствующим отходам/установкам, и имеют ключевое значение для первичного снижения выбросов PCDD/F во все среды.

#### **4.4.3 Утилизация энергии**

В зонах утилизации энергии установки для сжигания отходов наиболее важной проблемой с точки зрения PCDD/F является предотвращение их вторичного образования. В частности, особую важность представляют знания о наличии веществ и подробностей конструкции в температурных зонах, которые могут быть источниками повышения риска образования PCDD/F. Способы, включенные в раздел утилизации энергии этой главы, включают рассмотрение аспектов PCDD/F.

Поэтому разделы, следующие далее (т.е. те, которые рассмотрены в 4.1.4.5), относятся только к аспектам PCDD/F, которые являются важными для системы очистки дымовых газов, с первичными мерами, рассмотренными в других местах, как описано выше.

##### **4.1.4.5.2 Предотвращение вторичного образования PCDD/F в системе газоочистки**

Снижение времени пребывания запыленного газа в температурной зоне от 450 до 200°C снижает риски образования PCDD/F и подобных соединений.

Если стадии удаления пыли используются в этой температурной зоне, время пребывания летучей золы в этом диапазоне удлиняется, повышая риск образования PCDD/F. Устройства для удаления пыли в зонах с высоким содержанием пыли (обычно электрофильтры и некоторые рукавные фильтры) работают при температурах выше 200°C, что повышает риск образования PCDD/F. Темпе-

ратура на входе в стадию удаления пыли, поэтому, должна контролироваться ниже 200°C. Этого можно достичь с помощью:

- дополнительного охлаждения в котле-утилизаторе (конструктивно котел-утилизатор в диапазоне температур 450-200°C должен быть выполнен так, чтобы ограничить пребывание пыли для предотвращения простой передачи решения проблемы в нисходящий поток)
- добавки оросительной колонны для снижения температуры от выхода котла-утилизатора до уровня ниже 200°C для последующих стадий очистки газа
- полной закалки от температур сжигания до приблизительно 70°C – она проводится на установках, на которых не имеется охлаждения котла-утилизатора, и обычно только, когда существует возрастающий риск диоксинов вследствие природы сжигаемых отходов (например, с высоким входным содержанием РСВ). Закалка до 70°C является обычной в установках для сжигания опасных отходов в химической промышленности
- теплообмена газ/газ (газ с входа на скруббер/газ с выхода скруббера).

Сниженный риск образования PCDD/F в процессе, и, следовательно, последующих выбросов.

Существующие установки со стадиями высокотемпературного удаления пыли могут использовать такие системы, для того чтобы оставалась тепловая энергия в дымовых газах с тем, чтобы тепло можно было впоследствии использовать для некоторой другой цели, например, передачи тепла в последующие системы очистки газа. Если газы охлаждаются до температуры ниже 200°C, это может привести к необходимости дополнительной подачи тепла дымовым газам для поддержания требуемого температурного профиля. Это может позволить снизить потери вместо использования тепла, удаляемого до стадии удаления пыли, для подогрева с использованием теплообменных систем.

Системы полной закалки обычно приводят к ограниченным возможностям для утилизации энергии (котлы-утилизаторы обычно к этой категории не относятся). Они также создают шлейф загрязнения с очень высоким влагосодержанием, который повышает видимость и конденсацию, и требуют впрыска воды в больших количествах для обеспечения достаточного охлаждения горячих дымовых газов. Образующиеся сточные воды могут в определенной степени повторно циркулировать в системе, но обычно требуется сброс и очистка воды. Для рециркулируемой воды может потребоваться охлаждение для предотвращения потерь через дымовую трубу и для поддержания работы газоочистки.

Системы охлаждения, используемые на некоторых установках для сжигания опасных отходов, судя по сообщениям, эффективно предотвращают образование PCDD/F.

Когда используются котлы-утилизаторы, но удается избежать удаления пыли в температурном диапазоне 450-200°C, концентрации в неочищенном газе перед удалением/деструкцией диоксинов находятся в диапазоне 1-30 нг/нм<sup>3</sup> (TEQ). Когда удаление пыли происходит в диапазоне 450-200°C, в нисходящем потоке может содержаться от 10 до 100 нг/нм<sup>3</sup> PCDD/F (TEQ).

В таблице 4.1.63 представлена применимость способа.

**Таблица 4.1.63 ОЦЕНКА ПРИМЕНИМОСТИ СПОСОБОВ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ  
ВТОРИЧНОГО ОБРАЗОВАНИЯ PCDD/F**

Критерии	Оценка/комментарий
Тип отходов	Полагают, что риск образования PCDD/F будет особой проблемой, когда в отходах имеются РСВ или другие подобные компоненты
Производительность	Способ пригоден для всех производительностей
Новые/существующие	Больше трудностей в случае реконструкции существующих процессов
Совместимость с процессом	Значительные проблемы, связанные с температурой
Ключевые факторы размещения	

На существующих установках такие изменения потребуют детальной переоценки процесса очистки дымовых газов, уделяя особое внимание распределению и использованию тепла.

На существующих установках, на которых твердые отходы и дымовые газы уже направляются на последующую обработку, которая позволяет эффективно разрушить образовавшиеся диоксины (например, СКВ для газа плюс тепловая обработка для летучей золы), выгода, достигаемая принятием способа, снижается.

Для новых процессов не предполагаются значительные затраты.

Очень значительные затраты могут потребоваться для некоторых существующих процессов для замены котла-утилизатора и систем очистки дымовых газов. Инвестиции порядка 10-20 млн. евро могут потребоваться для таких изменений.

Снижение эксплуатационных затрат может быть связана:

- с продажами дополнительной энергии (тепловой), утилизированной в котлах
- со снижением затрат на размещение твердых остатков, менее загрязненных PCDD/F (когда используется адсорбция)
- с тем, что снижение содержания диоксинов может оказать положительное воздействие на нисходящую часть системы газоочистки: ниже уровень использования активированного угля/меньший объем катализатора.

Этот способ реализуется там, где:

- существуют проблемы, относящиеся к возможному образованию в процессе PCDD/F
- существуют проблемы, относящиеся к концентрациям PCDD/F в адсорбентах системы очистки дымовых газов, требующих размещения
- типы сжигаемых отходов являются причиной высокого риска образования PCDD/F.

#### **4.1.4.5.3 Деструкция PCDD/F с использованием селективного каталитического восстановления (СКВ)**

Системы СКВ используются главным образом для восстановления NO<sub>x</sub> (см. описание в Разделе 4.1.4.4.1). Они могут также подвергаться деструкции в газо-

вой фазе PCDD/F с помощью каталитического окисления, если системы достаточно большие. Обычно требуется 203 слоя катализатора СКВ для обеспечения комбинированного обезвреживания  $\text{NO}_x$  и PCDD/F.

Важно отметить, что при сжигании отходов большая часть содержащихся в воздухе PCDD/F сцепляется с пылью, с достижением равновесия PCDD/F в газовой фазе. Способы, которые используются для удаления пыли, должны, поэтому, удалять переносимые с пылью PCDD/F, в то время как СКВ (и другие каталитические методы) только разрушают небольшую часть в газовой фазе. Сочетание удаления пыли плюс деструкция обычно приводят к минимальным общим выбросам PCDD/F в воздух.

Эффективность деструкции для газовой фазы PCDD/F составляет от 98 до 99,9%, что приводит к выбросам PCDD/F (в сочетании с другими способами очистки дымовых газов) ниже  $0,1 \text{ нг/нм}^3 \text{ TEQ}$ , установленного в Директиве 2000/76/ЕС, и более часто в диапазоне  $0,05\text{-}0,002 \text{ нг/нм}^3 \text{ TEQ}$ .

В общем, СКВ применяется после начального обеспыливания. Пыль, которая удаляется на стадии предварительного обеспыливания, будет переноситься с адсорбированными PCDD/F (это может быть большая часть). Остатки от стадии предварительного обеспыливания, поэтому, будут загрязнены в некоторой степени PCDD/F, не зависимо от того, применяется СКВ или нет. Польза от деструкции с помощью СКВ в отношении снижения загрязнения остатков в системе газоочистки, поэтому, ограничена случаями, когда в нисходящем потоке применяется также дополнительная доочистка.

Там, где будут установлены эти системы доочистки остатков (которые обычно направляются за пределы участка), это приведет к общему снижению выделения диоксинов во все сферы от сжигания отходов. Там, где остатки диоксинов собираются отдельно (например, с использованием угля) от других остатков системы газоочистки, они повторно сжигаются, если имеется возможность в установке, и тогда общее снижение, полученное с использованием СКВ, как дополнительный метод деструкции будет менее значительным.

При очистке от оксидов азота в то же самое время, что и PCDD/F, достигаются очень низкие выбросы  $\text{NO}_x$  (см. Раздел 4.1.4.4.1).

В нескольких случаях, когда СКВ применяли перед другими элементами системы газоочистки, следует отметить, что не газовая фаза (приставшая пыль) PCDD/F не может быть очищена в блоке СКВ, и, поэтому потребуется последующее удаление пыли для снижения PCDD/F.

Взаимодействия между средами подробно рассмотрены в Разделе 4.1.4.4.1.

Наиболее значительными аспектами этих воздействий являются:

- потребление энергии для подогрева дымовых газов, с целью достижения температуры реакции в системе СКВ
- так как это способ деструкции, PCDD/F не передаются в твердые остатки (как в случае некоторых процессов адсорбции).

В общем, деструкция является благоприятной для передачи в другую среду. Однако величина выгоды от воздействия между средами, связана скорее с де-

струкцией, чем с адсорбцией PCDD/F, и это будет сказываться на предотвращении риска, связанного с последующим управлением в нисходящем потоке.

Эксплуатационные данные приведены в Разделе 4.1.4.4.1.

Поскольку обычно большая часть PCDD/F связана с твердыми частицами, для общего снижения PCDD/F обычно бывает важно, чтобы применялись способы удаления пыли, а также СКВ. Это обеспечивает, что пыль, связанная с PCDD/F, которые не были подвергнуты деструкции в блоке СКВ, будет удалена из дымовых газов.

Воздействие на снижение концентрации PCDD/F с помощью блока СКВ будет зависеть от количества слоев катализатора.

Применимость этого способа оценена ниже в табл. 4.1.65.

Таблица 4.1.64 ОЦЕНКА ПРИМЕНИМОСТИ СКВ ДЛЯ УДАЛЕНИЯ PCDD/F

Критерии	Оценка/комментарий
Тип отходов	• может применяться к любому типу отходов
Производительность	• можно применять к любой производительности установки, но более экономично это будет для установок с производительностью от средней для большой вследствие капитальных затрат
Новые/существующие	• при применении в качестве заключительной стадии очистки (самая распространенная) система может быть применена в качестве дополнения к любому процессу • большая сложность в случае модернизации, если это не заключительная стадия
Совместимость с процессом	• особенно выгодно, когда требуется также существенное снижение $\text{NO}_x$ • обычно требуется подогрев дымовых газов для достижения рабочего диапазона СКВ
Ключевые факторы размещения	• требуется место для реактора СКВ

Реализация этого способа благоприятна, когда требуется сжигание отходов с высоким уровнем снижения выбросов  $\text{NO}_x$  и дополнительным снижением PCDD/F с использованием СКВ.

#### 4.1.4.5.4 Деструкция PCDD/F с использованием каталитических рукавных фильтров

Эффективность деструкции PCDD/F, поступающих в каталитические рукавные фильтры, установленные на мусоросжигательных заводах, по сообщениям, достигает выше 99%. На одном из заводов в Бельгии концентрация PCDD/F на выходе из дымовой трубы была ниже  $0,02 \text{ нг/м}^3 \text{ TEQ}$ , при концентрации на входе в газоочистку  $1,9 \text{ нг/м}^3 \text{ TEQ}$ .

Фильтры также обеспечивают удаление пыли. В приведенном примере на мусоросжигательном заводе использовали электрофильтр для предварительного обеспыливания, и при добавлении фильтров уровни выбросов пыли находились в диапазоне  $0,2\text{-}0,6 \text{ мг/нм}^3$ . Сообщалось также о снижении выбросов  $\text{NO}_x$  при использовании этих фильтров.

Общие выбросы диоксинов с установки (во все среды), как сообщалось, также были снижены скорее за счет деструкции, чем адсорбции (активирован-

ным углеродом). В то же самое время, что и снижение выбросов в воздух, как описано выше, пробы, отобранные из пылесборника после рукавного фильтра, показали, что средние концентрации снизились с 3659 нг I-ТЕQ/кг пыли (при использовании активированного углерода) до 283 нг I-ТЕQ/кг пыли (при использовании каталитических рукавных фильтров).

Для этого способа наиболее значительным воздействием между средами является потребление энергии из-за падения давления в рукавном фильтре (сходного для любого рукавного фильтра).

Каталитические фильтры обычно используются как замена других фильтров. В заменяемой системе проводится впрыск активированного углерода, который также предназначен для абсорбции металлической ртути, и при удалении активированного углерода может произойти рост выбросов ртути в воздух, если только не будет применен альтернативный способ для улавливания ртути.

Данные эксплуатации сходны с другими рукавными фильтрами.

Температурный диапазон для протекания каталитической реакции составляет от 180 до 260°C.

Испытания, проведенные в течение 21 месяца по измерению концентрации PCDD/F на входе и выходе на мусоросжигательном заводе (без удаления кислого газа в восходящем потоке, но с предварительным удалением пыли с помощью электрофильтра), дали следующие результаты (табл. 4.1.65.).

**Таблица 4.1.65 ДАННЫЕ ПО ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕСТРУКЦИИ ДЛЯ КАТАЛИТИЧЕСКИХ РУКАВНЫХ ФИЛЬТРОВ ТЕЧЕНИЕ 21 МЕСЯЦА РАБОТЫ**

Количество рабочих месяцев	0,25	1,5	3	4,8	8	13	18	21
PCDD/F на входе нг ТЕQ/нм <sup>3</sup>	3,4	7	11	10,5	11,9	11,8	8,1	5,9
То же на выходе нг ТЕQ/нм <sup>3</sup>	0,01	0,0035	0,005	0,004	0,01	0,011	0,002	0,023
Расчетная эффективность %	99,7	99,9	99,9	99,9	99,9	99,9	99,9	99,6

Среда катализатора не воздействует на ртуть, поэтому, требуется дополнительный прием, такой как впрыск активированного углерода или что-либо сходное.

В таблице 4.1.66 сделана оценка применимости.

**Таблица 4.1.66 ОЦЕНКА ПРИМЕНИМОСТИ КАТАЛИТИЧЕСКИХ РУКАВНЫХ ФИЛЬТРОВ**

Критерии	Оценка/комментарий
Тип отходов	Любой
Производительность	Любой
Новая/существующая	Применимо к новым и существующим процессам
Совместимость с процессом	Необходимо рассмотреть дополнительно подавление выбросов ртути
Ключевые факторы размещения	Нет

Для мусоросжигательного завода с 2 технологическими линиями с производительностью 27500 т/год каждая, как сообщалось, дополнительные затраты на

использование каталитических рукавных фильтров составляли от 2 до 3 евро на т сжигаемых отходов.

Ключевыми аспектами затрат для этого способа являются:

- возрастающие капитальные затраты на фильтры по сравнению с не каталитическими фильтрами. Затраты на каталитическую среду составляют 300 евро/м<sup>2</sup>, другую не каталитическую среду, например, 100% ПТФЭ – 60 евро/м<sup>2</sup>
- более низкие капитальные затраты, чем в случае СКВ, но со сходной эффективностью деструкции
- необходимость дополнительных мероприятий для удаления ртути.

Этот способ реализуется там, где:

достигаются выбросы PCDD/F заметно ниже 0,1 нг/нм<sup>3</sup> TEQ

не имеется места для СКВ, а альтернативные средства для снижения выбросов NO<sub>x</sub> уже установлены

альтернативные средства для снижения выбросов ртути уже установлены (каталитические фильтры не контролируют ртути).

#### 4.1.4.5.5 Деструкция PCDD/F с помощью повторного обжига абсорбентов

Основной принцип состоит в том, что остатки PCDD/F, собранные в системе газоочистки, могут в определенных обстоятельствах (см. примечания, относящиеся к ртути), быть подвергнуты деструкции с помощью сжигания их в установке для сжигания, тем самым снижая общий выход с установки PCDD/F.

PCDD/F в твердых остатках подвергаются деструкции скорее в процессе, чем переходят из установки в остатки.

Имеется риск того, что произойдет рециркуляция металлической ртути (и, следовательно, выбросов), если только в процессе также не будет адекватного средства для удаления ртути.

Требуется проявлять осторожность в отношении обращения с загрязненными реагентами для предотвращения проливов и нагрузки на печь при эффективной деструкции остатков в процессе сжигания.

Применимость способа оценена в таблице 4.1.67.

**Т А Б Л И Ц А 4.1.67 ОЦЕНКА ПРИМЕНИМОСТИ ПОВТОРНОГО ОБЖИГА АБСОРБЕНТОВ**

Критерии	Оценка/комментарий
Тип отходов	Любой
Производительность	Любой
Новая/существующая	Применимо к новым и существующим процессам
Совместимость с процессом	Годится главным образом только для остатков от специализированных стадий абсорбции PCDD/F (например, неподвижные слои кокса и вставки в абсорбере диоксинов в мокром скруббере), где имеются другие средства для предотвращения накопления и потенциальных выбросов ртути
Ключевые факторы размещения	Нет

Капитальные затраты обычно не требуются, если только не потребуются дополнительные системы для удаления ртути, когда эти добавки могут стать значительными.

Может быть достигнута экономия эксплуатационных затрат за счет снижения затрат на размещение остатков, загрязненных PCDD/F.

Требование по снижению концентраций PCDD/F в твердых остатках газоочистки.

В некоторых странах остатки от сжигания нельзя подвергать повторному обжигу по правовым причинам. В таких случаях считается, что остатки классифицируются как тип отходов, которые запрещено подвергать обработке в установках для сжигания.

#### **4.1.4.5.6 Адсорбция PCDD/F с помощью инъекции активированного угля или других реагентов**

В качестве резюме, активированный уголь впрыскивается в поток газа, где он смешивается с дымовыми газами. Активированный уголь впрыскивается сам по себе или в сочетании (обычно) с известью или бикарбонатом натрия (щелочным реагентом). Впрыскиваемый щелочной реагент, продукты реакции и угольный адсорбент затем собираются в пылеосадителе, обычно в рукавном фильтре. Адсорбция PCDD/F происходит в газовом потоке на слое реагента, когда используются барьерные фильтры (например, рукавные фильтры).

Адсорбированные PCDD/F сбрасываются с другими твердыми отходами из рукавного фильтра, электрофильтра или других устройств для сбора пыли в нисходящем потоке.

Сообщалось, что минеральные адсорбенты (например, морденит (высокосиликатный цеолит), цеолит, смеси глинистых минералов, филлосиликат (слоистый кремниевый минерал) и доломит) также могут использоваться для адсорбции PCDD/F при температурах до 260°C без риска пожара в рукавном фильтре. Сообщалось также об использовании буроугольного кокса.

Сообщалось о каталитической деструкции PCDD/F на поверхности активированного кокса.

PCDD/F адсорбируется на активированном угле, что позволяет снизить выборы ниже 0,1 нг/нм<sup>3</sup> TEQ.

Адсорбируется также металлическая ртуть (см. Раздел 4.1.4.6.2).

Воздействия между средами при использовании рукавных фильтров или других систем обеспыливания, связанных с применением этого способа, описаны в Разделе 4.1.4.2.

Образуются твердые остатки, содержащие адсорбированные загрязняющие вещества. Следует отметить, что количество, удаляемое с реагентом, и накапливаемое с ним, будет меньше, чем удалялось бы с пылью при эффективной системе пылеудаления. Сообщалось, что 80% PCDD/F сбрасывалось с уже удаленной пылью.

Загрязненный прореагировавший материал из системы газоочистки может в некоторых случаях использоваться как агент нейтрализации при очистке стоков скруббера, и за счет этого снижается количество свежего материала, который должен быть добавлен на стадии очистки сточных вод. Здесь активированный уголь или кокс улавливает также тяжелые металлы, например, ртуть из сточных вод. Сообщалось, что избыточные остатки, за исключением нерастворимого в воде углерода, не образуются при использовании этих реагентов в воде скруббера. Имеется повышенный риск воспламенения/пожара, и, поэтому, должны быть приняты соответствующие меры безопасности при хранении и обращении с активированным углем и коксом.

Уровни потребления угля, по сообщениям, были равны 0,35-3 кг/т отходов для типичных мусоросжигательных заводов. Более высокие уровни впрыскивания могут дать дополнительное снижение PCDD/F.

Обычно доза впрыскиваемого активированного угля находится в диапазоне от 0,5 до 1 кг/т для соблюдения уровня выбросов 0,1 нг I-TEQ/нм<sup>3</sup>.

Применимость этого способа оценена в таблице 4.1.68.

Таблица 4.1.68 **ОЦЕНКА ПРИМЕНИМОСТИ ВПРЫСКА УГЛЯ ДЛЯ УДАЛЕНИЯ PCDD/F**

Критерии	Оценка/комментарий
Тип отходов	Любой
Производительность	Любой
Новая/существующая	Применимо к новым и существующим процессам – легко модернизируется
Совместимость с процессом	Можно легко использовать, когда имеется система рукавного фильтра
Ключевые факторы размещения	Нет

Сообщалось, что буроугольный кокс является более экономичным, чем активированный уголь. Сообщалось также, что, в общем, потребление буроугольного кокса выше, чем потребление активированного угля (в 2 раза).

Способ был реализован на многих установках, для того чтобы достичь уровня выбросов <0,11 нг/м<sup>3</sup>.

#### 4.1.4.5.7 Адсорбция PCDD/F в неподвижном слое

Используются мокрый и сухой неподвижный коксовый/угольный слой. Мокрая система имеет противоточный поток.

Следующее снижение выбросов в воздух:

- Происходит адсорбция PCDD/F с итоговыми выбросами четко ниже 0,1 нг/нм<sup>3</sup> TEQ
- Происходит адсорбция ртути с выбросами ниже 50 мкг/нм<sup>3</sup>; обычно ниже 30 мкг/нм<sup>3</sup>
- Пыль собирается с помощью фильтра.

Воздействия между средами идентифицированы в таблице 4.1.69.

Таблица 4.1.69 ВОЗДЕЙСТВИЯ МЕЖДУ СРЕДАМИ, СВЯЗАННЫЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕПОДВИЖНЫХ ФИЛЬТРОВ

Критерии	Единицы	Значение	Комментарии
Потребление энергии	кВт/ч/т отходов	30-35	Падение давления в фильтре
Потребление реагентов	кг/т отходов	1	Кокс
Остатки - тип			Используется кокс
Остатки – количество	кг/т отходов	0-1	Ноль, если кокс можно сжечь в установке
Потребление воды	кг/т отходов		Нет информации
Образование стока	л/т отходов		Нет информации
Видимость шлейфа	+/0/-	0	Мокрая система повысит видимость шлейфа

Были сообщены следующие эксплуатационные данные о воздействиях между средами в том, что касается использования мокрого неподвижного коксового слоя на установке для сжигания опасных отходов с производительностью порядка 11000 т/г.

- использование буроугольного кокса = 0,5 кг/т поступающих отходов
- отработанный лигнит сжигается в установке – в этом случае вследствие низкого рН в мокрой системе газоочистке повторный обжиг отработанного кокса не приведет к накапливанию ртути
- для периодической промывки слоя лигнита используется вода; образующиеся в результате кислые сточные воды направляются на процесс физико-химической обработки
- система мокрой очистки добавляет влажность дымовым газам и видимость шлейфу загрязнений.

Применимость способа оценена в таблице 4.1.70.

Таблица 4.1.70 ОЦЕНКА ПРИМЕНИМОСТИ ФИЛЬТРОВ С НЕПОДВИЖНЫМ КОКСОМ

Критерии	Оценка/комментарий
Тип отходов	<ul style="list-style-type: none"> <li>• в принципе, любой</li> <li>• в особенности годится для гетерогенных и опасных отходов, когда PCDD/F могут быть высокими вследствие тяжелых условий сжигания</li> </ul>
Производительность	• производительность не имеет значения
Новая/существующая	• применимо к новым и существующим процессам – легко модернизируется
Совместимость с процессом	<ul style="list-style-type: none"> <li>• обычно применяется как стадия доочистки на хвосте</li> <li>• больше всего подходит к нисходящему потоку с мокрым скруббером</li> <li>• можно использовать вместе с СКВ с подогревом</li> </ul>
Ключевые факторы размещения	• требуется место для дополнительной единицы технологического процесса

Капитальные затраты для коксового фильтра в условиях мусоросжигательного завода с производительностью 100000 т/г были оценены в 1,2 млн. евро.

Капитальные затраты на один фильтр с неподвижным слоем кокса (линия сжигания производительностью 50000 т/год) составили ориентировочно 1 млн. евро.

Затраты на буроугольный кокс:

- в 3-4 раза ниже, чем для активированного угля
- потребление буроугольного кокса низкое, поэтому, дозаправку можно проводить в течение планового останова.

Этот способ был реализован для снижения выбросов PCDD/F ниже 0,1 нг/нм<sup>3</sup> TEQ.

#### 4.1.4.5.8 Использование материалов, пропитанных углеродом, для адсорбции PCDD/F в мокрой газоочистке

PCDD/F активно адсорбируются на частицах углерода в материале. Поэтому выбросы снижаются и предотвращается эффект памяти выделения PCDD/F. Можно снизить выбросы при пуске.

При концентрациях на входе порядка 6-10 нг TEQ/нм<sup>3</sup> эффективность удаления в газовой фазе достигала 60-75% в мокром скруббере. Для сравнения, в случае непропитанного материала она составляла 0-4%. Сообщалось, что эффективность адсорбции не снижалась в течение периода испытаний.

В то время как достигнутая на выходе концентрация (2-3 нг TEQ/нм<sup>3</sup>) не соответствовала требованиям Директивы 2000/76/ЕС в 0,1 нг/нм<sup>3</sup>, способ можно использовать в сочетании с последующей ступенью газоочистки для обеспечения общего соответствия. Поэтому выгоды связаны:

с предотвращением действия эффекта памяти в мокрых скрубберах и соответствующего риска проскоков и десорбции

со снижением нагрузки по PCDD/F на последующие стадии системы газоочистки (в особенности в течение пуска)

если используемый реагент подвергается повторному обжигу в печи, будет общее снижение содержания диоксинов вследствие деструкции PCDD/F в печи (что облегчается вследствие отделения стадии абсорбции ртути), а не перехода в твердые остатки.

Отработанный пропитанный материал в некоторых случаях депонируется на полигонах как токсичный остаток. В некоторых случаях он подвергается повторному воздуху в установках для сжигания (хотя местные регламенты иногда не позволяют этого делать). Эксплуатационные данные приведены в таблице 4.1.71.

Таблица 4.1.71 ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ, СВЯЗАННЫЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАТЕРИАЛОВ, ПРОПИТАННЫХ УГЛЕРОДОМ, В МОКРОМ СКРУББЕРЕ

Критерии	Описание факторов, воздействующих на критерии	Оценка (высокая/средняя/низкая)	Комментарии
Сложность	<ul style="list-style-type: none"> <li>• требуются дополнительные элементы для процесса</li> <li>• важнейшие аспекты эксплуатации</li> </ul>	Низкая/Средняя	Адаптация к существующей технологии

Гибкость	• возможность технологии работать при изменении условий на входе	Средняя	
Требования к квалификации	• дополнительное обучение или требования к комплектованию	Низкая	Нет существенных дополнительных требований

Применимо к процессам, для которых уже выбраны системы с мокрыми скрубберами, в особенности в течение пуска, и когда имеются свидетельства накопления диоксинов в мокром скруббере, и когда нет последующей стадии газоочистки для контроля десорбции PCDD/F в мокром скруббере.

Применимо также в качестве предварительного фильтра диоксинов перед дополнительной системой фильтрации диоксинов – таким образом, способ можно использовать для снижения нагрузки по PCDD/F на *основной* фильтр по улавливанию диоксинов без дополнительных требований к месту.

Используется также как основной фильтр диоксинов в сочетании с электрофильтром (тогда требуется больше материала для набивки насадочной колонны).

Применимость этого способа оценена в таблице 4.1.72.

**Таблица 4.1.72 ОЦЕНКА ПРИМЕНИМОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАТЕРИАЛОВ, ПРОПИТАННЫХ УГЛЕРОДОМ, В МОКРЫХ СКРУББЕРАХ**

Критерии	Оценка/комментарий
Тип отходов	Любой
Производительность	Везде, где используются мокрые скрубберы
Новая/существующая	Применимо к новым и существующим процессам – легко модернизируется
Совместимость с процессом	Применимо только к мокрым скрубберам
Ключевые факторы размещения	Легче реализуется при использовании для набивки каустической соды

Приблизительные капитальные затраты для начальной установки башенной насадки на двух стадиях мокрого скруббера находятся в диапазоне от 30 до 150 тыс. евро для мусоросжигательных установок производительность от 5 до т/ч.

Затраты на заменяемый материал оценены в размере 0,1-0,2 евро/т сжигаемых отходов. Не ожидается дополнительного потребления, за исключением дополнительного падения давления.

Этот способ был реализован, когда встречались проблемы в отношении концентрации PCDD/F и возможного выделения их в мокрых скрубберах. Способ также применяется, когда требуется экономически эффективное снижение выброса диоксинов на 50-70%.

#### **4.1.4.5.9 Использование угольной суспензии в мокрой газоочистке**

Использование суспензии из активированного угля в мокром скруббере может способствовать снижению уровня выбросов диоксинов в потоке дымовых газов

и предотвращению накопления диоксинов в материале скруббера (“эффект памяти”)<sup>17</sup>.

При рН вблизи нейтрального значения активированный уголь с концентрацией, изменяющейся от нескольких г до 50 г/л, добавляется в систему, при использовании фильтра-отстойника для отбора жидкости, в то время как уголь остается.

Поскольку активированный уголь имеет активные центры, молекулы диоксинов или фуранов переходят в жидкость, впрыскиваемую в скруббер, и диоксины впоследствии адсорбируются на угле, где происходит каталитическая реакция.

Выбросы PCDD/F в дымовую трубу снижаются до 0,01-0.1 нг ТЕQ/м<sup>3</sup>.

Активированный уголь обладает также адсорбционной способностью к ртути. При использовании при вышеупомянутых условиях концентрация ртути на выходе из дымовой трубы обычно бывает ниже 50 мкг/нм<sup>3</sup> для сжигания ТБО.

Так как активированный уголь превращает SO<sub>2</sub> в серную кислоту, этот процесс является также стадией доочистки для удаления SO<sub>2</sub>.

Применяется только при использовании мокрых скрубберов с каустической содой для обеспечения поддержания рН вблизи нейтрального значения. Необходимо использовать NaOH для регулирования рН в установке, когда используется угольная суспензия.

Не применимо для сухих, промежуточных или полусухих систем газоочистки.

Затраты ограничены затратами на реагенты, если способ используется для доочистки или для решения проблемы эффекта памяти. Для использования способа требуются только небольшие изменения в системе скруббера.

Для эффективного удаления PCDD/F с помощью этого способа может потребоваться специальный скруббер с набивкой, для обеспечения эффективного контакта между дымовыми газами и промывной водой.

Способ используется для достижения уровня выбросов ниже 0.1 нг ТЕQ/нм<sup>3</sup>.

Примеры установок:

Брюссель – дымовая труба: 0,02-0,03 нг ТЕQ/нм<sup>3</sup>

Миулуз (Франция) – дымовая труба: 0,01-0,03 нг ТЕQ/нм<sup>3</sup>

Тулуза - дымовая труба: 0,04-0,01 нг ТЕQ/нм<sup>3</sup>

Свендборг (Дания) - дымовая труба: 0,01-0,02 нг ТЕQ/нм<sup>3</sup>.

<sup>17</sup> На протяжении всего материала часто встречается термин “эффект памяти” применительно к диоксидам. В связи с тем, что в русскоязычной литературе этот термин не встречается, целесообразно дать его определение. Известно, что диоксины легко абсорбируются из отходящих газов пластическими материалами, такими как полипропилен, который обычно используется в мокрых системах газоочистки на мусоросжигательных заводах. Для молекул диоксинов характерна тенденция миграции в пластмассы. Как процесс абсорбции, так и процесс миграции находят под сильным влиянием температуры. При изменении условий и снижении концентрации диоксинов в отходящих газах или повышении их температуры только на несколько градусов диоксины из пластмассы будут мигрировать на поверхность, и выделяться в отходящие газы. Этот рост концентрации диоксинов в отходящих газах и называется “эффектом памяти”. Шведская фирма Götaverken Miljö совместно с Центром научных исследований в Карлсруэ (Германия) разработала фильтр на угольной основе Adiox. Попадая в материал Adiox, молекула диоксина прилипает к поверхности угольной частицы и не высвобождается при изменении концентрации в отходящих газах или их температуры, таким образом, не вызывая “эффекта памяти”. Впоследствии эти фильтры сжигаются, не вызывая проблем с диоксидами.

#### 4.1.4.6 Снижение выбросов ртути

##### 4.1.4.6.1 Мокрая газоочистка с низкой рН и добавка аддитивов

Использование мокрых скрубберов для удаления кислых газов приводит к снижению рН в скруббере. Большая часть мокрых скрубберов имеет, по крайней мере, две стадии. Первая используется главным образом для HCl, HF и некоторой части SO<sub>2</sub>. Вторая стадия поддерживает рН на уровне 6-8 и служит для удаления SO<sub>2</sub>.

Если на первой стадии поддерживать рН ниже 1, то эффективность удаления ионной ртути в виде HgCl<sub>2</sub>, которая обычно является основным соединением ртути после сжигания отходов, составит более 95%. Однако степень удаления металлической ртути составляет только 0-10%, главным образом в результате конденсации при рабочей температуре в скруббере около 60-70°C.

Адсорбция металлической ртути может быть повышена, максимум, до 20-30%:

- с помощью добавки соединений серы к раствору в скруббере
- с помощью добавки активированного угля к раствору в скруббере
- с помощью добавки окислителей, например, перекиси водорода к раствору в скруббере. С помощью этого способа металлическая ртуть превращается в ионную форму в виде HgCl<sub>2</sub> для облегчения ее осаждения, и это самый значительный эффект.

Общая эффективность удаления ртути (как металлической, так и ионной) составляет около 85%.

Сообщалось, что эффективность удаления выше 90% также может быть достигнута с помощью добавки отходов, содержащих бром, или впрыскивания хлоридов, содержащих бром, в камеру сгорания.

При концентрациях на входе, обычно имеющих место для многих типов отходов, и в условиях дополнительной неопределенности в отношении состава большинства отходов, эффективность удаления с помощью этого типа очистки обычно недостаточна для достижения уровня выбросов ниже 50 мкг/нм<sup>3</sup>. В одном государстве-члене было установлено предельное значение выбросов 30 мкг/нм<sup>3</sup>. В любом случае может потребоваться увеличение способности удаления ртути, в зависимости от концентрации на входе, такого типа:

- как впрыск угля перед системой рукавного фильтра
- фильтр со слоем неподвижного кокса (см. Разделы 4.1.4.6.2 и 4.2.4.6.7).

Эффективность снижения выбросов была описана выше.

Воздействие концентрации ртути в сжигаемых отходах и содержание хлора имеют решающее значение при определении конечных достигаемых уровней выбросов.

Воздействия между средами при использовании мокрой газоочистки приведены в Разделе 4.1.4.3.1.

Для ТБО со средней концентрацией 3-4 мг ртути/кг ТБО достигаются концентрации выбросов в воздух порядка 50-80 мкг/нм<sup>3</sup>.

Вариация ртути в поступающих ТБО может быть очень большая, и, поэтому, может привести к значительным вариациям в уровнях выбросов. Значения, из-

меренные на австрийских мусоросжигательных заводах, дали показатели от 0,6 до 4 мг/кг. Эта вариация может быть намного большей в других типах отходов, например, в некоторых опасных отходах.

Достижимые уровни с системой мокрой газоочистки составляют приблизительно 36 мкг/нм<sup>3</sup>, с мокрым скруббером и фильтром из активированного угля - <2 мкг/нм<sup>3</sup> и при сочетании процесса впрыска и мокрого скруббера – 4 мкг/нм<sup>3</sup>.

Использование кислых мокрых скрубберов для снижения выбросов ртути может способствовать выполнению предельных значений по выбросам, установленным в Директиве ЕС/2000/76, только, когда:

- рН поддерживается ниже 1
- концентрации хлоридов достаточно высокие для содержания ртути в неочищенных дымовых газах с тем, чтобы была почти целиком ионная форма (и, следовательно, чтобы она удалялась как хлорид)
- в некоторых случаях добавляются аддитивы в скруббер с низкой рН.

Применимость этого способа оценена в таблице 4.1.73.

**Таблица 4.1.73 ОЦЕНКА ПРИМЕНИМОСТИ МОКРОЙ ГАЗООЧИСТКИ ДЛЯ УДАЛЕНИЯ РТУТИ**

Критерии	Оценка/комментарий
Тип отходов	
Производительность	•Любая
Новая/существующая	•Обычно не применяется на новых установках
Совместимость с процессом	• см. комментарии для мокрых скрубберов • может потребоваться дополнительное удаление ртути для соответствия с Директивой ЕС/2000/76 (в зависимости от содержания ртути на входе)
Ключевые факторы размещения	•Нет

Способ применим только для контроля выбросов ртути в воздух как шаг предварительной обработки ртути, или когда концентрация на входе достаточно низкая (например, ниже 4 мг/кг). В противном случае выбросы в воздух могут быть выше 50 мкг/нм<sup>3</sup>.

Этот способ был реализован как адаптация к мокрой газоочистке для удаления кислых газов, для того чтобы снизить выбросы ртути.

#### **4.1.4.6.2 Впрыск активированного угля для адсорбции ртути**

Этот способ связан с впрыском активированного угля в рукавный фильтр (см. также Раздел 4.1.4.5.6, рукавные фильтры описаны в данной работе) или другие устройства для обеспыливания. Металлическая ртуть адсорбируется в потоке и когда используются барьерные фильтры, такие как рукавный фильтр, а также на реагенте, который остается на поверхности ткани.

Металлическая ртуть адсорбируется (обычно эффективность удаления около 95%), и в итоге выбросы в воздух оказываются ниже 30 мкг/нм<sup>3</sup>. Ионная ртуть также удаляется с помощью хемосорбции, возникающей при содержании серы в дымовых газах, или при наличии некоторых типов активированного угля, пропитанного серой.

В некоторых системах, где удаление ртути проводится в мокрых кислых скрубберах ( $\text{pH} < 1$ ) для снижения концентрации на входе, уровень конечных выбросов бывает ниже  $1 \text{ мкг/нм}^3$ .

Уголь также адсорбирует диоксины (см. Раздел 4.1.4.5.6). Рукавные фильтры также являются средством для удаления твердых частиц и тяжелых металлов. Рукавные фильтры описаны в данной работе. Нормой для щелочных реагентов является добавка угля, так как при этом удается снизить содержание кислых газов на той же самой стадии процесса в виде многофункционального устройства.

Воздействия между средами сходны с теми воздействиями, которые встречаются в других ситуациях, когда используются рукавные фильтры (см. Раздел 4.1.4.2.2). Серьезным аспектом является потребление энергии рукавными фильтрами.

Кроме того, для этого способа наиболее значительным воздействием между средами является образование остатков, загрязненных удаляемым загрязняющим веществом (Hg).

В случаях, когда твердый реагент подвергается повторному обжигу (для деструкции PCDD/F) в установке для сжигания, важно, чтобы:

- установка имела выход для ртути, который предотвращает появление внутреннего загрязняющего вещества (и случайный проскок с выбросом)
- альтернативный выход с достаточной степенью удаления загрязняющего вещества
- при использовании мокрых скрубберов ртуть могла попадать в поток стока (хотя затем она может осаждаться в твердых остатках при использовании очистки). Эксплуатационные аспекты сходны с другими ситуациями, когда используются рукавные фильтры (см. Раздел 4.1.4.2.2).

Эффективная система обслуживания рукавного фильтра и впрыска реагента особенно важна для достижения низких уровней выбросов.

Различные типы активированного угля обладают различной адсорбционной способностью. Еще одной возможностью повышения удаления ртути является пропитка адсорбента серой.

В экспериментах, проведенных на установках для сжигания опасных отходов, были использованы различные типы активированного угля, и удельный расход, требующийся для получения определенного уровня выбросов ртути, был следующий:

- |                                     |             |
|-------------------------------------|-------------|
| • кокс из скорлупы кокосового ореха | 8-9 кг/ч    |
| • кокс из торфа                     | 5,5-6 кг/ч  |
| • бурый уголь                       | 8-8,5 кг/ч  |
| • торфяной уголь                    | 4-4,5 кг/ч. |

Удельный расход угля сходный с тем, который был упомянут для PCDD/F, так как адсорбент обычно используется для удаления ртути и PCDD/F. Удельный расход угля в  $3 \text{ кг/т}$  отходов является типичным для мусоросжигательных заводов. Сообщалось об уровнях от  $0,3$  до  $20 \text{ кг/т}$  опасных отходов. Адсорбционная способность реагента, концентрация ртути на входе и требуемый уровень

выбросов определяют требуемый удельный расход реагента.

При использовании активированного угля имеется значительный риск пожара. Адсорбент можно смешать с другими реагентами для снижения риска пожара. В некоторых случаях используют 90% извести и 10% угля. Доля угля обычно бывает выше, когда имеются дополнительные стадии процесса, на которых удаляются кислые газы (например, мокрые скрубберы).

Применимость использования рукавных фильтров была оценена в Разделе 4.1.4.2.2. В таблице 4.1.74 рассмотрены специальные аспекты, которые относятся к использованию впрыска активированного угля.

**Таблица 4.1.74 ОЦЕНКА ПРИМЕНИМОСТИ ВПРЫСКА УГЛЯ ДЛЯ УДАЛЕНИЯ РТУТИ**

Критерии	Оценка/комментарий
Тип отходов	• Обеспечивает эффективное снижение выбросов для всего диапазона типов отходов
Производительность	• Любая
Новая/существующая	• Применяется на новых установках и как модернизация
Совместимость с процессом	• Не имеется особых проблем
Ключевые факторы размещения	• Нет

Дополнительные капитальные затраты на способ для уже осуществляемых процессов или предназначенных для использования, связанные с впрыском реагента и рукавными фильтрами, минимальные (см. Раздел 4.1.4.5.6).

Дополнительные эксплуатационные затраты:

- от потребления реагентов
- от удаления остатков.

Затраты на проведение операций (стоимость угля) составляют ориентировочно 125000 евро/гол в случае сжигания 65000 т опасных отходов в год.

Способ применяется как для новых, так и для существующих систем в качестве средства для снижения выбросов ртути в воздух.

#### **4.1.4.6.3 Использование скрубберов с конденсацией для доочистки дымовых газов**

Этот способ уже был описан в Разделе 4.1.3.16, в которых он был представлен главным образом с точки зрения утилизации энергии. В дополнение к потенциальным выгодам от использования таких систем для утилизации энергии, эффект конденсации при использовании холодного скруббера может привести к конденсации некоторых загрязняющих веществ. Это может позволить снизить выбросы загрязняющих веществ в воздух, но только тогда, когда скруббер работает при особенно низкой температуре, например, 40°C.

Конденсация загрязняющих веществ из дымовых газов обеспечивает дополнительное снижение выбросов в воздух. Для ртути этот на этот способ обычно нельзя полагаться, отдельно, для достижения уровней ниже 50 мкг/нм<sup>3</sup>. Поэтому он рассматривается только как дополнительная стадия доочистки.

Конденсация воды из дымовых газов при использовании нагрева нисходяще-

го потока дымовых газов в значительной степени снижает видимость шлейфа загрязнений и снижает потребление воды скруббером.

В конденсате будут содержаться загрязняющие вещества, для которых требуется очистка на установке для очистки стоков перед сбросом. Когда применяется система мокрой газоочистки в приходящем потоке, сток из скруббера с конденсацией можно очищать на том же самом объекте.

Способ обычно применяется только, когда имеется легкодоступный источник охлаждения. Например, особенно холодная обратная вода (40°C) из системы районного теплоснабжения, что обычно встречается только в условиях холодного климата. Применение этого способа в других обстоятельствах (не сообщается, какие это обстоятельства) должно привести к высоким затратам энергии на охлаждение.

Низкая температура на выбросе из дымовой трубы будет снижать термическую плавучесть шлейфа загрязнений, и, следовательно, снижать рассеяние. Это можно преодолеть при использовании более высокой и (или) с меньшим диаметром дымовой трубы.

Температура стока скруббера имеет решающее значение для некоторых загрязняющих веществ, например, для обеспечения конденсации ртути и недопущения ее прохода через скруббер с выбросом в воздух. Поэтому решающее значение имеет наличие источника достаточно холодной охлаждающей среды. Для эффективности удаления металлической ртути температура на выходе из скруббера должна быть ниже 40°C (примечание: сообщалось даже о еще более низких температурах в некоторых случаях – см. ниже).

Охлаждение газа с использованием газового охладителя (т.е. без впрыска жидкости) до такой низкой температуры как 5 C, как сообщалось, не привело к удовлетворительным результатам для подавления выбросов ртути (на заводе по сжиганию опасных отходов фирмы Waueg AG в Германии).

Низкая температура дымовых газов может привести к конденсации, и, следовательно, к коррозии дымовой трубы, если она не футерована.

Способ применяется главным образом как средство утилизации энергии и там, где дополнительные стадии удаления загрязняющих веществ уже были введены в установку (например, абсорбция углем, газоочистка с низкой рН).

Способ обычно не применяется отдельно как средство для борьбы с загрязнением, но может быть эффективным в качестве стадии доочистки в сжигании с другими системами.

Типы отходов: Поскольку способ применяется после стадий очистки дымовых газов, в принципе, он может применяться к любому типу отходов.

Производительность установки: способ применяется на муниципальных установках с производительностью от 175 до 400 тыс. т/год.

Новые/существующие установки: способ применяется в конце или ближе к концу системы газоочистки, и, поэтому, может применяться в равной степени для новых и существующих процессов.

Способ, вероятно, должен применяться только тогда, когда не требуется

энергия для обеспечения дополнительного охлаждения скруббера, необходимого для достижения низких температур. Поэтому, вероятно, он должен применяться только в северных странах с холодным климатом, в который более холодная обратная вода в системе районного теплоснабжения станет энергетической движущей силой.

Общие дополнительные капитальные затраты в скруббер с конденсацией грубо оценены в размере 3 млн. евро.

Дополнительная продажа тепловой энергии является основной движущей силой для использования способа. Вторичной выгодой является удаление дополнительного загрязняющего вещества.

#### **4.1.4.6.4 Отделение ртути с использованием смоляного фильтра**

После отделения пыли и первой мокрой кислотной промывки сырые кислоты с тяжелыми металлами с ионной связью уносятся через ионообменный фильтр с ртутью. Ртуть отделяется в смоляном фильтре. Затем происходит нейтрализация кислоты с использованием известкового молока.

Если после промывки все еще будет оставаться ртуть в отходящем воздухе, она будет удерживаться в кокосовом фильтре. Высокая надежность снижения ртутного загрязнения. Потребуется регенерация смоляного фильтра.

164

#### **4.1.4.6.5 Инжекция хлорита для контроля элементарной ртути**

В то время как окисленная ртуть легко растворяется в воде и может удаляться с использованием мокрого скруббера, с элементарной ртутью этого не происходит. Поэтому трудно достичь значительного подавления элементарной ртути в мокром скруббере, если только не будет применен активированный уголь.

Впрыск агента с сильной окислительной способностью должен превратить элементарную ртуть в окисленную ртуть и сделает возможной очистку в мокром скруббере. Чтобы не применять мокрый скруббер, агент с сильной окислительной способностью используется в режиме реакции с другими соединениями (например, с диоксидом серы), и он вводится непосредственно перед распылительными насадками первого кислотного скруббера. В этом скруббере pH поддерживается в диапазоне от 0,5 до 2.

Когда жидкость после распылительного сопла вступает в контакт с парами кислоты, содержащими хлористый водород, и хлор трансформируется в диоксид хлора, который является активным видом. Следует отметить, что в отличие от других окислителей, таких как гипохлорит (отбеливатель), хлорит или диоксид хлора не обладает способностью вводить атом хлора в ароматическое кольцо, и, поэтому, не может изменять диоксиновый баланс.

Снижение выбросов ртути. Побочная выгода: снижение выбросов  $\text{NO}_x$ .

Использование окислителей благотворно действует на удаление NO в скруббере (с помощью превращения его в  $\text{NO}_2$ , который лучше растворяется). Это может привести к проблеме с высоким содержанием азота в сточных водах.

В Директиве от сжиганию отходов не имеется предельных значений выбросов для  $\text{NH}_3$ , но местные правила часто устанавливают предельное значение, так как это большая проблема для водной среды.

Сжигание отходов, подавление ртути в дымовых газах, содержащих, по крайней мере,  $400 \text{ мг/нм}^3$  хлорида водорода. Сопоставимо только с системами мокрого скруббера. Лимитирующим фактором являются затраты на реагент.

#### **4.1.4.6.6 Добавка перекиси водорода для мокрой газоочистки**

Цель системы состоит в отделении Hg, HCl и  $\text{SO}_2$  из дымовых газов. В процессе своей элементарная ртуть окисляется до водорастворимой ртути.

Первым шагом является закалочная ванна, расположенная после рукавного фильтра (с впрыскиванием угля, который будет абсорбировать много ртути). В закалочной ванне дымовые газы охлаждаются таким образом, что они насыщаются. После закалочной ванны дымовые газы вступают в контакт с жидкостью скруббера, в которой содержится перекись водорода и присадка. Жидкость скруббера реагирует с дымовыми газами, и кислые сточные воды передаются для нейтрализации и осаждения ртути.

Дополнительное снижение концентрации всех типов ртути в дымовых газах (вместе с активированным углем обычно эффективность удаления составляет около 99,5%), а также снижение концентрации HCl и  $\text{SO}_2$ .

Потребление реагентов с добавкой  $\text{H}_2\text{O}_2$  (35% вес.) 4-5 кг/т опасных отходов. Потребление может возрасти, так как  $\text{H}_2\text{O}_2$  реагирует не только с ртутью, но также и со всеми другими окисляющимися соединениями типа железа или тяжелых металлов.

Этот метод применим ко всем типам установок для сжигания отходов, использующих мокрую газоочистку. Наилучший эффект достигается, если скруббер расположен в нисходящем потоке после рукавного фильтра с впрыском угля.

Затраты на установку оборудования составляют приблизительно 4 млн. евро для производительности 200000 т отходов.

Это затраты на мокрый скруббер, включая специальные дополнения, упомянутые здесь, но без дополнительных затрат на применение этого метода.

Сообщают, что  $\text{H}_2\text{O}_2$  стоит дорого, и его потребление может вызвать трудности при контроле.

Способ можно использовать как на новых, так и на существующих установках, которые должны соответствовать новым и более низким предельным значениям выбросов для Hg, HCl и  $\text{SO}_2$ .

#### **4.1.4.6.7 Использование фильтров из активированного угля или кокса**

Использование этих способов и их выгоды для снижения выбросов ртути, взаимодействия между средами и другие проблемы были описаны в Разделе 4.1.4.5.7.

Ртуть адсорбируется, и ее выбросы в воздух обычно бывают ниже  $30 \text{ мкг/нм}^3$ .

#### **4.1.4.7 Другие способы и вещества**

##### **4.1.4.7.1 Использование специальных реагентов для снижения выбросов йода и брома**

Специальные реагенты, например, тиосульфат натрия или бисульфит натрия, могут быть либо добавлены, как требуется к существующей системе мокрого скруббера для обработки определенных партий отходов (когда решающее значение имеют знания об отходах), или добавляются в обычном порядке к дополнительной стадии мокрой газоочистки (когда потребление реагента может быть выше).

В галогеновом скруббере любые свободные галогены восстанавливаются до галогеноводородов за счет реакции со щелочным раствором  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ . Вместе с остающимся  $\text{SO}_2$  галогеноводороды затем удаляются из дымовых газов с помощью растворения.

Обсуждаемыми галогенами являются бром и йод, полученные главным образом из ингибиторов горения и медицинских отходов. Так как фтор и йод являются сильными окислителями, они оба полностью восстанавливаются до гидридов.

Возможно также снижение выбросов йода и брома в воздух с помощью впрыскивания отходов, содержащих серу, или  $\text{SO}_2$  в печи.

Дымовые газы, окрашенные в желтый/коричневый или пурпурный цвет, можно видеть в некоторых случаях, когда заметные концентрации брома или йода (соответственно) проходят через систему газоочистки. Использование целевой или принятой добавки  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  предотвращает этот эффект.

Потребление  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  зависит от содержания серы в отходах, при добавке, контролируемой в соответствии с концентрацией  $\text{SO}_2$  в неочищенном газе. Если в отходах содержится достаточное количество серы, дополнительного восстановления галогенов не требуется.

Удаляемые загрязняющие вещества переносятся в сток; поэтому, может потребоваться последующая очистка.

Когда добавляются  $\text{SO}_2$  или отходы с высоким содержанием серы, потребуются изменения в работе системы последующих стадий газоочистки, для того чтобы была возможность для изменения стандарта химии отходов. Изменения баланса S/Cl могут также воздействовать на темпы вторичного образования PCDD/F.

Была возможность контролировать процесс с помощью оперативных измерений окислительно-восстановительного потенциала вследствие смешения нескольких взаимодействующих окислительно-восстановительных процессов в воде скруббера. Поэтому добавка, контролируемая по концентрации  $\text{SO}_2$  в неочищенном газе. Если в отходах содержится достаточное количество серы, не требуется дополнительного восстановления галогенов – это отражает альтернативный вариант дозируемого сжигания отходов с повышенным содержанием серы или впрыском  $\text{SO}_2$ , упомянутого выше.

Применимо главным образом к установкам для сжигания опасных отхо-

дов или другим установкам, в которых концентрации йода и брома в сжигаемых отходах заметно изменяются и (или) их трудно предсказать/контролировать. В общем, только установки для сжигания опасных отходов, в которых могут быть концентрации йода или брома в отходах, что является преимуществом использования таких специальных мер для их контроля. Применимость этого способа оценивается в таблице 4.1.75.

Таблица 4.1.75 ОЦЕНКА ПРИМЕНИМОСТИ  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  ДЛЯ УДАЛЕНИЯ ГАЛОГЕНОВ

Критерии	Оценка/комментарий
Тип отходов	применяется главным образом к установкам для сжигания опасных отходов, в которых может быть высокая нагрузка по йоду и бром, например, отходы из лабораторий или химические/фармацевтические отходы
Производительность	любая
Новая/существующая	может использоваться целевая добавка реагента на любой существующей установке с системой мокрого скруббера добавка системы постоянного дозирования является более сложной/дорогой для существующих процессов, но она может быть введена в конструкции новых установок
Совместимость с процессом	применяется с системами мокрого скруббера
Ключевые факторы размещения	чувствительность к выбросам видимого (цветного) факела загрязнения

Затраты на сооружение третьего скруббера на существующем заводе для сжигания опасных отходов (в Дании) составили приблизительно 600 тыс. евро (в ценах 2000 г.)

Ежегодное потребление  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  для каждой из трех линий сжигания в среднем составляет приблизительно 50 т. При цене 0,5 евро/т общие затраты на эксплуатацию этой третьей стадии (за исключением электроэнергии) для насосов скруббера и т.д. составляют 25000 евро/год на одну линию.

Затраты на целевую добавку реагента, вероятно, будут ниже, но могут потребоваться дополнительные средства для контроля и управления поступающими отходами.

Затраты на добавку реагента к существующей системе мокрого скруббера ограничены главным образом затратами на реагенты, и, поэтому, это значительно дешевле, чем добавка отдельной стадии газоочистки.

Затраты на впрыск  $\text{SO}_2$  являются затратами на газ. Добавка отходов с высоким содержанием серы будет зависеть от их наличия.

Этот способ реализуется там, где:

- требуется контроль выбросов йода и брома
- концентрации йода и брома в сжигаемых отходах заметно варьируются и (или) их трудно предсказать/контролировать.

#### 4.1.5 Способы обработки твердых остатков

Возможность утилизации твердых остатков от сжигания отходов обычно определяется с помощью:

- содержания органических соединений в остатках
- общего содержания тяжелых металлов в остатках
- выщелачиваемости металлов, солей и тяжелых металлов в остатках
- физической пригодности, например, размера и прочности частиц в остатках.

Кроме того, рыночные факторы, регламенты и политика, относящаяся к их применению, и специфические местные проблемы окружающей среды также оказывают большое воздействие на степень их использования.

Было предпринято много усилий для улучшения экологического качества остатков от сжигания отходов и для утилизации или использования, по крайней мере, части отдельных потоков остатков. Применяются как встраиваемые в процесс способы, так и способы, реализуемые после процесса сжигания. Меры, встраиваемые в процесс, предназначены для изменения параметров сжигания, для того чтобы повысить полноту сгорания или изменить распределение металлов в различных остатках. Способы после процесса сжигания включают в себя: старение (выдержку), механическую обработку, промывку, термическую обработку и стабилизацию. Ниже будут обсуждаться различные способы.

*Международная рабочая группа по золе (IAWG)*<sup>18</sup> идентифицировала ряд принципов, которые необходимо учитывать при оценке выгод, а также препятствий, возникающих при утилизации остатков от сжигания:

- приведет ли процесс к значительному повышению качества?
- окажет ли процесс какие-либо воздействия на здоровье, окружающую среду или проблемы безопасности?
- появляются ли вторичные остатки и где они окажутся?
- обладает ли конечный продукт высоким качеством?
- существует ли долговременный рынок для этого продукта?
- каковы затраты на процесс?

Для некоторых остатков, образовавшихся в процессе сжигания отходов, может потребоваться специальное законодательство по размещению этих остатков. В таких ситуациях имеется меньше стимулов для выбора способов, которые будут повышать качество и возможность утилизации остатков.

#### **4.1.5.1 Улучшение дожигания шлака**

Улучшение степени дожигания остатков может быть достигнуто с помощью оптимизации параметров сжигания, для того произошло полное сжигание связанного углерода. Это можно сделать с использованием одной или более мер, идентифицированных в разделе термической переработки (см. Раздел 4.1.2).

Более длительное воздействие отходов повышенным температурам в камере сгорания, более высокая температура слоя и механическое перемешивание отходов – все это вместе обеспечивает, что в образующейся золе будет меньше органических видов.

<sup>18</sup> *Международная рабочая группа по золе была создана в 1989 г. для проведения всесторонней проверки существующих научных данных и подготовки научных монографий по определению характеристик, размещению, переработке и использованию остатков от сжигания ТБО. IAWG является как подгруппа Международного энергетического агентства в рамках деятельности по термической конверсии под эгидой Биоэнергетического соглашения по теме "Утилизация энергии из ТБО".*

Содержание органических веществ в шлаке выражается как ТОС (общий органический углерод) или потери при прокаливании. Это ключевые параметры как для размещения, так и для использования шлака. Критерии приемлемости для полигонов обычно устанавливают максимальный уровень ТОС; а критерии использования обычно устанавливают или максимальный уровень ТОС, или нормированные предельные значения для органических соединений. Улучшение дожига будет снижать содержание остаточного углерода и, таким образом, ТОС. ТОС также связан с подвижностью тяжелых металлов в золе. Например, медь выщелачивается в форме медьорганических комплексов. Поэтому улучшение дожига будет снижать также и выщелачивание меди.

ТОС определяется в соответствии со стандартом EN 13137<sup>19</sup>, который также определяет элементарный углерод как ТОС, и который не вызывает никаких проблем на полигонах. ТОС шлака содержит главным образом элементарный углерод, но до некоторой степени обнаруживаются также и органические соединения.

Повышение температуры сгорания вместе с температурой слоя топлива, как сообщают, вызывает рост образования СаО в шлаке. Это вызывает рост значения рН шлака. Значение рН свежего шлака часто превышает 12.

Этот рост рН может также привести к росту растворимости амфотерных металлов, таких как свинец и цинк, которые находятся в высоком количестве в шлаке. Величина рН шлака может снизиться после стадии сжигания с помощью старения (см. Раздел 4.1.5.6). Рост рН может быть существенным; в частности, так как свинец амфотерный, он может растворяться при рН 11-12, а затем выщелачиваться.

Применение предварительной обработки для повышения дожига должно привести к дополнительному потреблению энергии (и выбросам) на стадии предварительной переработки, и, поэтому, соответствующим дополнительным затратам. Они могут быть очень значительными, когда проводится масштабная предварительная обработка, например, производство топлива из отходов.

Если требуются дополнительные топлива для содействия дожига, их потребление является воздействием между средами.

Основная предварительная обработка (ограниченное измельчение некоторых компонентов или смешивание в бункере) отходов может оказаться недорогой и может оказать значительное воздействие на дожигание в некоторых случаях.

Добавка потоков отходов с повышенной калорийностью (например, пластмассы, автомобильные шредерные остатки, древесные отходы) или топлив для улучшения дожига может привести к широкому варьированию цены в соответствии с требуемым материалом и возможностью смешения различных потоков. Эта практика может привести к росту выбросов СО и снижению производительности по сжигаемым отходам. Изменение конструкции или замена

<sup>19</sup> Европейский стандарт "Определение общего органического углерода в отходах, осадках сточных вод и в отложениях". В ближайшее время вступит в действие новый стандарт EN 15936/

камер сгорания и компонентов может быть очень затратным для существующих установок, но это можно безусловно рассматривать как часть общей концепции конструкции для всех новых процессов или тех, которые связаны с существенной реконструкцией.

Оптимизация установки для различных отходов может потребовать дополнительных регулирующих устройств, например, измерительных приборов, элементов управления, контуров управления и т.д. Это может привести к дальнейшим затратам, в дополнение к любой предварительной обработке.

Некоторые способы могут привести к большему снижению уровней органического углерода в золе, чем требуется согласно ЕС/2000/76. Значительный рост затрат можно принять, для того чтобы *гарантировать* самые низкие уровни ТОС, которые можно достигнуть. Снижение уровней углерода обычно не требуется для повторного использования твердых отходов.

Нормативные положения, установившие предельные значения по ТОС для остатков с целью их использования и размещения.

#### **4.1.5.2 Отделение шлака от остатков очистки дымовых газов**

Смешение остатков очистки дымовых газов со шлаком приводит к загрязнению шлака. Вследствие более высокого содержания металлов, выщелачиваемости металлов и содержания органического вещества в остатках системы газоочистки снижается экологическое качество шлака. Это ограничивает варианты для последующего использования шлака.

Разделение шлака и остатков системы газоочистки состоит в раздельном сборе, хранении и транспортировании обоих потоков остатков. Это связано, например, со специально выделенными бункерами для хранения и контейнерами, а также специализированными системами обращения для мелких фракций и пыльных остатков системы газоочистки.

Отделение остатков системы газоочистки от шлака дает возможность дальнейшей переработки шлака (например, с помощью сухой обработки или промывки водорастворимых солей, тяжелых металлов в экстракторе золы) для выпуска материала для использования. Смешанный поток не дает возможности переработки в материал для утилизации и не оставляет никаких вариантов для всего потока остатков, кроме полигонного депонирования.

Они заменяют природные строительные материалы, например, песок и гравий.

Снижение затрат может быть, когда появятся рынки для шлака.

Затраты на размещение остатков газоочистки могут быть выше, но объемы их значительно снижены (объемы остатков системы газоочистки составляют 2-3% от массы поступающих отходов, в то время как вместе со шлаком эта цифра доходит до 15%).

Возрастающие возможности для рециклинга шлака и возможное снижение затрат.

### **4.1.5.3 Отделение стадии отделения пыли от других стадий очистки дымовых газов**

Удаление пыли перед стадиями газоочистки (стадии удаления кислых газов и диоксинов), при использовании электрофильтров, циклонов или рукавных фильтров, без добавки реагентов (аддитивов) позволяет рассмотреть переработку и последующую утилизацию удаленной пыли. Когда установлен котел-утилизатор, раздельный сбор, транспортирование и хранение котельной пыли служат той же самой цели, хотя и с меньшей эффективностью сбора.

Отделенная зола может быть возвращена на стадию сжигания для дальнейшей деструкции любых PCDD/F, что может привести к снижению общего выхода диоксинов с установки. Однако рециркуляция летучей золы может вызвать риск обрастания в печи и случайной концентрации загрязнителей, содержащихся в золе.

Отделение летучей золы и остатков системы газоочистки может дать возможность их дальнейшей отдельной переработки и (или) утилизации (если она разрешена местными нормативными положениями), и, следовательно, снизить количества, требующие конечного размещения.

Возможно снижение общего выхода по диоксинам в процессе сжигания путем снижения выхода по твердым остаткам с помощью рециркуляции летучей золы в камеру сгорания. Нетермическая переработка летучей золы (либо отдельно летучей золы, либо вместе с другими остатками очистки) обычно не изменяет общего массового баланса PCDD/F, но концентрирует PCDD/F в небольших количествах остатков.

Предварительное обеспыливание может повысить надежность полусухой очистки дымовых газов и других систем газоочистки.

Предварительное обеспыливание с рукавным фильтром должно привести к большему падению давления, и, поэтому, к большему потреблению энергии, чем с электрофильтром.

Снижается унос твердых частиц в последующие стадии газоочистки (в особенности системы мокрой газоочистки), что может улучшить их функционирование и снизить размеры и затраты на этих стадиях.

Затраты на дополнительные компоненты технологического процесса и производственные ресурсы можно скомпенсировать снижением затрат на размещение остатков от газоочистки.

Когда местные стандарты по выщелачиваемости (и содержанию веществ) таковы, что они позволяют включать летучую золу в шлак, способ будет легко применим.

Высокие затраты на размещение остатков от газоочистки будут содействовать применению способа, для того чтобы снизить общее количество остатков газоочистки, требующих размещения.

Облегчение доступности (и, следовательно, низкие затраты) вариантов размещения для летучей золы/остатков системы газоочистки будет препятствовать внедрению способа.

#### 4.1.5.4 Сепарация металлов из шлака

Из шлака можно извлекать как цветные, так и черные металлы.

Сепарация черных металлов осуществляется с использованием магнита. Шлак разбрасывается на движущийся транспортер или вибрационный конвейер, и все магнитные частицы притягиваются подвешенным магнитом. Эта сепарация черных металлов может быть выполнена на необработанном шлаке после того, как он покинул экстрактор золы. Для эффективной сепарации черных металлов требуется многостадийная обработка с промежуточной стадией дробления и просеивания.

Сепарация цветных металлов осуществляется с использованием сепаратора вихревых токов. Быстро вращающаяся катушка индуктивности наводит магнитное поле в частицах цветных металлов, что выталкивает их из потока. Способ является эффективным для частиц с размером от 4 до 30 мм и требует хорошего распределения материала на движущемся транспортере. Сепарация осуществляется после отделения черных металлов, дробления и просеивания.

Сепарация металлов является необходимой стадией, дающей возможность утилизации различных соединений шлака. Фракцию черных металлов можно подвергнуть рециклингу, обычно после отделения примесей (например, пыли) в качестве лома для доменных печей. Цветные металлы перерабатываются за пределами установки для сжигания отходов, с помощью дополнительной сепарации в соответствии с типом металлов, после чего их можно переплавить. Остаточная фракция шлака имеет пониженное содержание металлов, и ее можно переработать для получения инертных вторичных строительных материалов.

Сепарация черных металлов производится с использованием незначительного количества энергии. Для сепарации цветных металлов требуется сепарация по размерам и разброс материала. Это связано с потреблением электрической энергии.

Количество утилизируемых металлов зависит от состава поступающих отходов. Для черных металлов данные из Бельгии дают основание полагать, что степень утилизации составляет 55-60% (отношение массы утилизованного металла к массе поступившего металла). Эта степень утилизации подтверждается данными IAWG, согласно которым остаточное содержание черных металлов в шлаке составляет от 1,3 до 25,8%.

Для цветных металлов использование сепарации с помощью вихревых токов после дробления и просеивания позволяет достичь степени утилизации 50% (отношение утилизованной массы к массе на входе). Реальное значение зависит от условий эксплуатации в печи. Цветные металлы, такие как свинец и цинк, обнаруживаются в котельной золе и в остатках от очистки дымовых газов. Алюминий, медь, хром, никель предпочтительно остаются в шлаке. Окисление этих металлов (например, алюминия до  $Al_2O_3$ ) в течение сжигания будет препятствовать эффективной сепарации с помощью сепараторов вихревых токов. Для сепарированной фракции цветных металлов характерен следующий состав: 60% Al, 25% другие металлы, 15% - остатки. Другими металлами явля-

ются главным образом медь, смеси, цинк и нержавеющая сталь.

Магнитная сепарация черных металлов применима на всех новых и существующих установках. Для сепарации цветных металлов требуется место и достаточная производительность, и ее можно осуществить на внешней (централизованной) установке для переработки шлака.

Применимость способа в значительной степени связана с содержанием металлов в отходах, подающихся в печь. Это, в свою очередь, находится под сильным влиянием режима сбора и предварительной обработки, которой отходы подвергаются перед подачей в печь. Например, районы с масштабными и хорошо организованными схемами раздельного сбора ТБО могут удалять значительные количества металлов. Предварительная обработка ТБО для получения топлива из отходов должна производить похожий эффект. На некоторых установках для опасных отходов измельченные бочки удаляют с использованием магнитов перед сжиганием.

Металлическую фракцию можно продать дилерам по продаже скрапа. Цены зависят от чистоты (черные металлы) и состава (цветные металлы) материалов. Цены на цветные металлы определяются на фондовых биржах. Рыночные цены на эти материалы обычно находятся в диапазоне от 0,01 до 0,05 евро/кг.

Скрап цветных металлов необходимо подвергнуть дополнительной переработке с разделением на фракции металлов. Цены на цветные металлы зависят от количества примесей (т.е. степени необходимой переработки) и состава (т.е. цены конечных продуктов). Содержание алюминия и рыночные цены на вторичный алюминий являются главными определяющими факторами. Цены на фракцию цветных металлов из шлака от сжигания ТБО находятся в диапазоне от 0,1 до 0,6 евро/кг.

Заинтересованность рынка скрапа (т.е. рыночные цены) в образующихся фракциях. Возрастающая рыночная рентабельность очищенного шлака. Например, цветные металлы могут причинить ущерб, когда они повторно используются в дорожных работах, такого типа как разбухание. Технические условия для шлака, подвергаемого утилизации, могут включать в себя содержание металлов. Наиболее проблематичными металлами с точки зрения выщелачиваемости из шлака являются медь, молибден и цинк.

Сепарация черных металлов осуществляется на большинстве европейских мусоросжигательных заводов либо по месту (главным образом после сжигания), либо на сторонних установках для обработки шлака.

Сепарация цветных металлов: различные установки для обработки шлака в Нидерландах, Германии, Франции и Бельгии.

#### ***4.1.5.5 Грохочение и дробление шлака***

Различные операции по механической обработке шлака предназначены для подготовки материалов для дорожного строительства и земляных работ, которые обладают удовлетворительными геотехническими характеристиками и не причиняют ущерб дорожным работам. Некоторые операции могут проводиться

в течение процесса подготовки:

- гранулометрическая сепарация с помощью грохочения
- уменьшение размеров с помощью дробления крупных фракций или иных способов разрушения

- сортировка в воздушном потоке для удаления легких несгоревших фракций.

Встречается три типа грохотов:

- вращающийся или барабанный грохот
- плоское сито (вращающееся или нет)
- грохот с декой звездообразного типа: грохочение осуществляется с помощью перемещения серии роликов, оснащенных рычагами звездообразного типа на каждой оси.

Первичные грохоты, которые используются для приготовления агрегатов из шлака, в большинстве случаев оснащены отверстиями с диаметром 40 мм. С их помощью получают агрегаты с размером от 0 до 20 мм.

В линии переработки может быть установлена дробилка для разбивания больших кусков, обычно на выходе из первого грохота. Половина установок оснащена дробилками, в некоторых используется оборудование на участке (механическая лопата, погрузчик, камнедробилка и т.д.) для дробления блоков.

Разбивание больших кусков имеет несколько преимуществ:

- уменьшается количество крупного надситочного продукта
- повышается доля грубого дробления в материале, которое придает опору агрегату
- повышается геотехническое качество.

Отделение легких несгоревших фракций или отделение в воздушном потоке обеспечивается с помощью продувки или аспирации.

Основной выгодой для окружающей среды от процесса механической обработки является снижение объема отсева и отходов, и, поэтому, более высокий общий уровень утилизации.

Потребление энергии и возможность шумовых выбросов и пыли являются наиболее заметными такими воздействиями.

Способ, в принципе, применим для всех установок, на которых образуется шлак, требующий переработки перед тем, как его можно использовать, или когда такая переработка может привести к увеличению использования.

Экономическая эффективность установки системы для дробления крупных кусков должна оцениваться на основе проектируемого количества и затрат на размещение. Имеется оценка, что срок окупаемости для дробилки составляет порядка двух лет при дроблении 5% надситочного продукта в случае установки производительностью 40000 т/год по шлаку или семь лет для установки производительностью 20000 т/год.

Политика в области качества: она позволяет достичь общего уровня утилизации более 95% для объекта по обращению со шлаком, образуется меньше отходов, получается продукт с повышенным геотехническим качеством и достигается экономическая эффективность.

#### 4.1.5.6 Обработка шлака с использованием старения

После сепарации металлов шлак можно хранить на открытом воздухе или специализированном крытом здании в течение нескольких недель. Хранение обычно осуществляется в отвалах на бетонном полу. Дренаж и сточная вода собираются для очистки. Отвалы могут быть увлажнены при необходимости, с использованием спринклерного оросителя или рукавной системы, для того чтобы предотвратить образование пыли и выбросов и создания благоприятных условий для выщелачивания солей и карбонизации, если шлак недостаточно влажный.

Отвалы можно периодически переворачивать для обеспечения однородности процессов, которые происходят в течение процесса старения (поглощение  $\text{CO}_2$  из воздуха вследствие влажности, дренаж избыточной воды, окисление и т.д.) и снижение времени пребывания каждой партии шлака на специализированном объекте.

На практике обычно наблюдается период старения от 6 до 20 недель (или он предписывается) для обработки шлака перед использованием в качестве строительного материала или в некоторых случаях перед депонированием на полигоне.

В некоторых случаях весь процесс осуществляется в закрытом здании. Это помогает справиться с пылью, запахами, шумом (от машинного оборудования и транспортных средств) и контролировать фильтрат. В других случаях весь процесс полностью или частично проводится на открытом воздухе. Это обычно дает возможность иметь больше места, что облегчает обращение со шлаком и обеспечивает большую циркуляцию воздуха для созревания шлака, и появляется возможность избежать выбросов взрывоопасного водорода в сочетании с алюминием в течение процесса старения.

Свежий шлак не является химически инертным материалом. Старение выполняется для снижения как остаточной химической активности, так и выщелачиваемости металлов. Основную деятельность осуществляют  $\text{CO}_2$  из воздуха и влажность материала, дождевая вода и распыление воды.

Алюминий в шлаке должен реагировать с  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  и водой с образованием гидроксида алюминия и газообразного водорода. Основной проблемой образования гидроксида алюминия является возрастание объема, так как это вызывает раздувание материала. Образование газа будет вызывать технические проблемы, если свежий шлак используется непосредственно для целей строительства. Таким образом, старение необходимо для создания возможностей по использованию шлака.

Воздействие хранения и старения на выщелачивание можно классифицировать следующим образом:

- снижение рН вследствие потребления  $\text{CO}_2$  из воздуха или биологической активности
- создание бескислородных, восстановительных условий вследствие биоразложения остаточного органического вещества
- местные восстановительные условия вследствие выделения водорода

• гидратирование и другие изменения в минеральных фазах, вызывающие сцепление частиц.

Все эти эффекты снижают выщелачиваемость металлов и приводят к стабилизации шлака. Это делает шлак более пригодным для утилизации или размещения (полигонного депонирования).

Сточные воды от дождей или орошения могут содержать соли или металлы, и необходима их очистка. Вода может циркулировать в системе или использоваться как техническая вода в установке для сжигания.

Может потребоваться контроль запахов и пыли.

В некоторых местах проблемы могут быть связаны с шумом от транспортных средств и машинного оборудования.

Могут потребоваться средства для предотвращения взрыва на объектах старения в закрытых зданиях.

Данные полномасштабной испытательной программы на немецком мусоросжигательном заводе иллюстрируют воздействие, которое старение в течение 12 недель оказало на pH шлаков, и на результаты испытаний, полученные с помощью метода DEV S4<sup>20</sup>. На рис. 1.9 (а) показано, что pH свежего шлака в испытаниях по методу DEV S4 обычно превышает 12 и снижается до 10 в течение процесса старения.

Как можно видеть из рис. 4.1.9 (b), это изменение pH не оказало воздействия на свойства выщелачивания молибдена, который находится главным образом в виде молибдата. Устойчивость к выщелачиванию меди и цинка улучшилась в умеренной степени в материале, подвергнутом старению, в то время как выщелачивание свинца снизилось почти на 2 порядка величины.

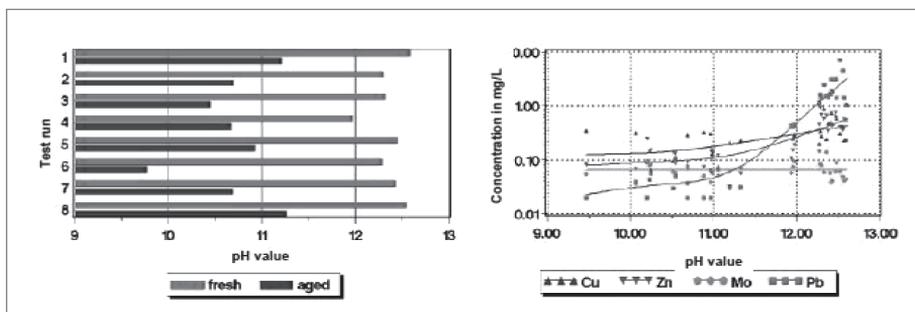


Рисунок 4.1.9 - Воздействие старения на выщелачиваемость некоторых металлов: (слева) воздействие на pH; (справа) – выщелачивание как функция pH

Пояснения к рисунку:

Test run – промышленные испытания

pH value – значение pH

fresh – свежий

aged – выдержанный

Concentration in mg/L – концентрация в мг/л

<sup>20</sup> Немецкий метод проверки на выщелачиваемость, который послужил основой для Европейского стандарта для метода выщелачивания EN 12457 для определения общих характеристик отходов.

Французское управление горнорудной промышленности провело исследование в течение 18 месяцев, посвященное старению и его воздействию на выщелачивание 400 тонн отвалов шлака, и пришло к выводу, сходному с выводами немецкого исследования.

Если использовать долговременные периоды старения (например, >20 недель) для золы без черных металлов и без переворачивания, выдержанный шлак заметно отвердеет.

Этот способ можно применять ко всем новым и существующим установкам, на которых образуется шлак. Он используется главным образом на мусоросжигательных заводах.

Для некоторых потоков отходов содержание шлака не может существенно улучшиться от такого режима, для того чтобы появилась возможность его полезного использования. В таких случаях движущей силой для использования этого способа может стать просто улучшение характеристик для размещения.

Затраты на старение (выдержку) низкие по сравнению с остальными установками для переработки. Имеет место экономия затрат на размещение при утилизации.

Законодательство, предусматривающее предельные значения выщелачивания для утилизации шлака в качестве вторичного сырья или для депонирования.

#### **4.1.5.7. *Обработка шлака с использованием систем сухого очистки***

177

Установки для сухого обогащения шлака сочетают способы сепарации черных металлов, уменьшения размеров и грохочения, сепарации цветных металлов и старения обработанного шлака. Продукт представляет собой сухой заполнитель с контролируемым размером зерен (например, 0-4 мм, 0-10 мм, 4-10 мм), который можно использовать в качестве вторичного строительного материала.

Процесс состоит из следующих последовательных стадий:

- охлаждения шлака до температуры окружающего воздуха
- сепарации черных металлов
- просеивания
- дробления крупных фракций
- просеивания
- сепарации черных металлов
- сепарации цветных металлов
- старения.

Способ обеспечивает получение материала, который можно использовать, а также снижает количество остатков для размещения.

Установка потребляет электрическую энергию и может быть источником выбросов пыли и шума.

Данные шлака после обработки представлены в таблице 4.1.76 для установки, на которой используются следующие процессы:

- хранение свежего шлака в сухом состоянии в течение 4-6 недель
- предварительное просеивание частиц >150 мм

- удаление черных металлов из фракции >150 мм
- дальнейшее грохочение (<22 мм, 22-32 мм, >32 мм)
- фракция <22 мм продается как заменитель песка
- ручная сортировка фракции >32 мм и удаление несгоревших фракций и сепарация черных металлов, дробление и рециркуляция
  - воздушная сепарация легких фракций из фракции 22-32 мм и удаление черных металлов
  - сепарированные металлические фракции подвергаются грохочению, очистке и хранению перед повторным прохождением процесса отдельно от шлака.

**Таблица 4.1.76 ДАННЫЕ КОНЦЕНТРАЦИИ В ВЫХОДЯЩЕМ ШЛАКЕ (МГ/КГ) ДЛЯ ПРИМЕРА ОБЪЕКТА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ШЛАКА**

	Содержание в шлаке (мг/кг)
As	150
Cd	10
Cr	600
Cu	600
Pb	1000
Ni	600
Zn	1
Hg	0,01

Данные о промывной воде для шлака представлены в таблице 4.1.77.

**Таблица 4.1.77 ДАННЫЕ, СООБЩЕННЫЕ О ПРОМЫВНОЙ ВОДЕ ДЛЯ ШЛАКА ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ОБРАБОТКЕ ШЛАКА**

	Содержание в воде (мг/кг)
As	–
Cd	5
Cr	200
Cu	300
Pb	50
Ni	40
Zn	300
Hg	1

Способ применим к новым и существующим установкам. Для достижения экономической целесообразности необходима минимальная производительность. Для полномасштабных установок могут использоваться внешние (централизованные) установки для обработки шлака.

Основной выгодой является предотвращение затрат на размещение; помимо этого, экономика операций по обработке шлака зависит от рыночных цен получаемых фракций. Обработанный шлак должен обычно продаваться, с учетом транспортирования, при нулевых затратах. Доход создается за счет качества фракций цветных и черных металлов. Алюминий является продуктом, имеющим самую высокую рыночную цену. Количество и чистота полученного алю-

миния является важным фактором в общей экономике установки.

Данные с мусоросжигательного завода в Швеции с использованием различных способов сухого обогащения и старения шлака.

Налог на депонирование на полигоне шлака составляет примерно 40 евро/т

Камни и гравий, которые отделяются на более ранних стадиях процесса обработки, имеют коммерческую ценность порядка 6 евро/т

Коммерческая ценность остатков переработанного шлака как строительного материала составляет около 2,5 евро/т.

Данные с мусоросжигательного завода в Португалии, использующего удаление черных металлов и хранение в течение 1-2 дней перед депонированием. Затраты на депонирование остатков на собственном полигоне составляют порядка 2 евро/т. Участок полигона географически близко от мусоросжигательного завода, и, таким образом, транспортные затраты низкие.

Затраты на депонирование остатков на участке, принадлежащем внешней компании, составляют 2 евро/т на транспортирование и 9 евро/т на депонирование – итого 11 евро/т.

Данные с разных мусоросжигательных заводов в Португалии, использующих удаление черных и цветных металлов с последующей стабилизацией в течение 3 месяцев перед конечным депонированием. Коммерческая ценность черных металлов составляет порядка 102,13 евро/т.

Затраты на полигон: 28 евро/т.

Транспортирование шлака на полигон: 3 евро/т.

Примечание: проводятся испытания, предназначенные для сертификации использования шлака в дорожном строительстве.

Законодательство об утилизации остатков как вторичного сырья.

Несколько участков работает в Нидерландах, Германии, Бельгии и Франции.

#### **4.1.5.8 Обработка шлака с использованием систем мокрой очистки**

Использование систем мокрой очистки для обработки шлака позволяет получать материал для рециклинга с минимальной выщелачиваемостью металлов и анионов (например, солей). Шлак после сжигания обрабатывается с помощью уменьшения размеров, грохочения, промывки и сепарации металлов.

Основной особенностью этой обработки является мокрое разделение фракции 0-2 мм. Так как большая часть выщелачиваемых компонентов и органических соединений остается в мелкой фракции, это приводит к снижению выщелачиваемости остающейся фракции продукта (>2 мм).

Способ позволяет получить материал, который можно использовать, и снизить количество остатков для размещения.

Мокрая очистка для обработки шлака предназначена для удаления металлов, для того чтобы снизить содержание и выщелачивание металлов. Другие составляющие, вызывающие озабоченность, это растворимые соли, главным образом щелочные и щелочноземельные хлориды и сульфаты. Примерно на 50% можно

снизить содержание хлоридов с помощью промывки шлака. Самым простым способом является промывка шлака в закалочном баке, что уже осуществляется на некоторых установках в Германии.

Растворимость сульфатов контролируется с помощью равновесия растворимости преобладающих щелочноземельных сульфатов. Стабилизация их или удаление затруднены.

Мокрая очистка имеет своим результатом образование мелкой фракции (0-2 мм) для размещения или утилизации. В зависимости от применяемого законодательства выщелачивание металлов в этой фракции может превышать предельные значения. Дополнительно образуется фракция сточных вод. Эти сточные воды можно вернуть в установку для сжигания как техническую воду, если качество их годится для процесса.

Относительный выход различных фракций зависит от состава поступающих отходов. Эксплуатационные данные с работающей установки приведены в табл. 4.1.78.

Таблица 4.1.78 **ОТНОСИТЕЛЬНЫЙ ВЫХОД РАЗЛИЧНЫХ ФРАКЦИЙ МОКРОЙ ОЧИСТКИ ШЛАКА**

Тип остатка	% (масса выхода/масса шлака на входе)
Остаток для размещения (0-2 мм)	47
Продукт для повторного использования (2-60 мм)	34
Черные металлы	12
Цветные металлы	2
Несгоревший возврат в установку	5

В таблице 4.1.79 дан пример результатов выщелачивания произведенных гранул.

Таблица 4.1.79 **ПРИМЕР РЕЗУЛЬТАТОВ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ПРОИЗВЕДЕННЫХ ГРАНУЛ**

	Выбросы мг/кг L/S = 10 (совокупные)	
	Гранулы 2-6 мм	Гранулы 6-50 мм
As	0-0,1	<0,05
Cd	0-0,025	<0,01
Cr	0,005-0,053	<0,053
Cu	0,19-0,85	0,24 - 0,55
Pb	0,04-0,12	<0,10
Ni	0,007-0,005	<0,057
Zn	0,61-1,27	<0,16

Примечание: L – жидкая фаза; S – твердая фаза.

Другие данные о качестве шлака после обработки приведены ниже в табл. 4.1.80 и 4.1.81 для установок, использующих следующие способы:

- промывка водой шлака в шлаковой ванне установки для сжигания на выходе из печи (вода снижает уровень соли в шлаке)
- удаление черных металлов м крупных частиц с помощью грохочения и ручной сортировки
- хранение более 1 дня для реакции с CO<sub>2</sub>

- дополнительное грохочение, дробление, сепарация (например, фракция >32 мм отдельный помол)
- удаление черных и цветных металлов
- рециркуляция фракции >10 мм после воздушной сепарации легкой (например, пластмассы) фракции
- хранение продукта в течение 3 мес.

**Таблица 4.1.80 ДАННЫЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ОБРАБОТАННОГО ШЛАКА (МГ/КГ), СООБЩЕННЫЕ В ПРИМЕРЕ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ШЛАКА**

	Содержание в обработанном шлаке (мг/кг)	
	Диапазон	Среднее значение
As	25-187	74
Cd	1,1-16,7	3,7
Cr	84-726	172
Cu	1676-29781	6826
Pb	404-4063	1222
Ni	61-661	165
Zn	788-14356	2970
Hg	0,01-0,37	0,7

**Таблица 4.1.81 ДАННЫЕ КОНЦЕНТРАЦИИ В СТОКЕ ОТ ШЛАКА (МГ/КГ), СООБЩЕННЫЕ В ПРИМЕРЕ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ШЛАКА**

	Содержание в стоке от шлака (мг/кг)	
	Диапазон	Среднее значение
As	<6,0-16,1	5,3
Cd	<0,5-2,5	0,8
Cr	1-113	15,2
Cu	14-262	60,7
Pb	8-59	11,4
Ni	<4,0-11,6	2,9
Zn	<5,0-230	19,4
Hg	<0,2	<0,2

Способ применим для новых и существующих установок. Для того чтобы он был экономически жизнеспособным, необходима некоторая минимальная производительность. Для установок с небольшой производительностью часто используется внешняя (централизованная) обработка шлака.

Экономика описанного способа зависит от рыночных цен на произведенные фракции. Обработанный шлак обычно должен продаваться бесплатно. Доход создается за счет качества фракций цветных и черных металлов. Алюминий является продуктом с наивысшей рыночной ценой. Количество и чистота полученного алюминия является важным фактором в общей экономике установки.

#### **4.1.5.9 Обработка шлака с помощью термических систем**

Различные способы были адаптированы из стекольного производства и переработки ядерных отходов для термической переработки шлака. Применяемые

температуры находятся в диапазоне от 1100 до 2000°С. Иногда используются намного более высокие температуры для плазменных систем. Плазменные системы используются для остекловывания и плавления различных потоков неорганических отходов, включая шлак и летучую золу – температуры, используемые для остекловывания с помощью плазменной дуги, обычно находятся в диапазоне от 1400 до 1500°С, с поставляемой электроэнергией.

Результатом этого способа является снижение объема (на 33-50%), очень низкий уровень выщелачивания и чрезвычайно стабильный остаток, который можно легко утилизировать как наполнитель.

Уровни PCDD/F в переработанном шлаке снижаются. Сообщалось о следующих входных данных и выбросах PCDD/F для плазменной деструкции летучей золы от сжигания ТБО. Летучая зола появляется в рукавных фильтрах, используемых для очистки дымовых газов:

Вход шлака	50 нг TEQ/г
Выход шлака	<0,001 нг TEQ/г
Выход летучей золы	<0,005 нг TEQ/г
Выход дымовых газов	<0,05 нг TEQ/г.

Сообщалось об очень высоком потреблении энергии в диапазоне 0,7-2 кВт/ч/кг обрабатываемой золы.

Типичная потребность в электроэнергии: печь с дугой под слоем флюса на переменном токе 650-1000 кВт/ч/т золы; плазменная печь на постоянном токе 600-800 кВт/ч/т золы.

Во Франции проблемой является рынок сбыта остеклованного остатка вследствие отсутствия четких нормативов. Его не разрешено использовать, и он должен удаляться на полигон. Доступный (разрешенный) рынок сбыта основан на источнике золы, а не на ее свойствах.

Дымовые газы, выходящие после термической переработки твердых остатков, могут сами по себе быть источником выброса высокого уровня загрязняющих веществ, таких как NO<sub>x</sub>, ТОС, SO<sub>x</sub>, пыль, тяжелые металлы и т.д. Поэтому очистка дымовых газов также требуется для удаления загрязняющих веществ со стадии переработки золы из газовой фазы (или очищать дымовые газы в системе газоочистки соседнего мусоросжигательного завода).

Сообщают, что процесс сложный, и решающим фактором может стать коэффициент использования.

Плазменные печи работают с удельной мощностью от 0,25 до 0,5 МВт/м<sup>2</sup> и имеют производительность плавления 300 кг/ч/м<sup>2</sup>. Зона влияния процесса обычно небольшая.

Сообщается об устойчивости к подаваемому сырью. Сообщалось, что потребление электродов с плазмой для печи на постоянном токе составляло 2 кг/т перерабатываемой золы. Для очистки отходящих газов требуется система газоочистки.

Хотя способ используется в Японии, он характеризуется малым проникновением на другие рынки вследствие, главным образом, высоких затрат и воспри-

нимаемого отсутствия выгоды, когда существующие системы уже производят продукцию достаточного качества.

Плазменная обработка применяется для переработки летучей золы, образующейся при сжигании отходов. Если добавляются химические остатки от системы газоочистки, требуется увеличение производительности газоочистки.

По сравнению с другими способами, сообщается, что затраты на термическую переработку высокие (табл. 4.1.82).

Таблица 4.1.82 **ОТНОСИТЕЛЬНЫЕ ЗАТРАТЫ НЕКОТОРЫХ СПОСОБОВ ПЕРЕРАБОТКИ ЗОЛЫ**

Используемый способ переработки	Затраты (евро/т шлака)	Затраты (евро/т ТБО)
Непосредственное депонирование на полигоне	35	12
Предварительная переработка для использования	20	7
Плавка (ископаемое топливо, без предварительной переработки)	100	30
Плавка (ископаемое топливо, удаление скрапа)	130	45
Плавка (электрический нагрев)	120	40
Процесс плавки в Японии	100	30
Оценки процессов плавки (IAWG)	180	60

Затраты на остекловывание обладают высокой чувствительностью к стоимости электроэнергии. Сообщают, что затраты на переработку находятся в диапазоне от 100 до 600 евро/т золы. Капитальные затраты могут составить до 20 млн. евро для установки производительностью 1-15 т/ч.

Реализуется там, где требуются жесткие стандарты на выщелачивание для утилизируемых наполнителей или для размещения на полигонах.

Много примеров в Японии (по оценке, 30-40 установок). Некоторый опыт имеется в Европе, например, во Франции.

#### **4.1.5.10 Высокотемпературная вращающаяся печь (выпуск шлака)**

Этот способ уже был описан (см. комментарии в Разделе 4.1.2.16) в отношении воздействий, относящихся к сжиганию. Воздействие на образующиеся твердые остатки отмечено также в этом разделе.

#### **4.1.5.11 Переработка остатков системы очистки дымовых газов**

Следующие разделы относятся конкретно к переработке остатков системы очистки дымовых газов. Область действия этого Справочного документа НДТ не охватывает проблемы хранения этих остатков, и, поэтому, больше не рассматривается. Однако, отмечается что такой вариант имеется и разрешен в некоторых государствах-членах.

##### **4.1.5.11.1 Цементирование остатков от очистки дымовых газов**

Обычно остатки смешиваются с минеральными или гидравлическими вяжущими (например, цемент, летучая зола угля и т.д.), реагентами для регулирования свойств цемента (обычно для снижения выщелачиваемости свинца использу-

ются реагенты на основе оксида кремния, а для снижения выщелачиваемости других металлов – реагенты на основе сульфидов) и достаточным количеством воды для обеспечения того, что произошли реакции гидратации для связывания цемента. Тем самым осадки вводятся в цементную матрицу. Обычно остатки должны реагировать с водой и цементом с образованием гидроксидов металлов или карбонатов, которые обычно хуже растворимы, чем соединения исходных металлов в матрице остатка.

Способы отверждения на цементной основе используют оборудование, которое легкодоступно. Методы смешения и обращения, связанные с этими процессам, хорошо разработаны, и они надежны в отношении к изменениям характеристик остатков.

Отвердевшие продукты обычно либо депонируются на полигоне, на уровне поверхности, или в подземных сооружениях, либо используются как закладочный материал в старых соляных коях. Отметим, что в некоторых случаях депонирование в шахтах запрещено местным законодательством; в других случаях осуществляется непосредственное наполнение необработанных остатков, которые упаковываются в подходящие контейнеры (например, в эластичные контейнеры).

Основным преимуществом затвердевания в цементе является уменьшение контакта между водой и остаткам, и в некоторой степени возможное образование плохо растворимых гидроксидов металлов или карбонатов. С отвердевшим продуктом относительно легко обращаться, и риск пылеобразования очень низкий. Выделение тяжелых металлов из продуктов в краткосрочной перспективе обычно относительно низкое; однако высокий уровень pH системы на цементной основе может привести к значительному выщелачиванию амфотерных металлов (свинец и цинк).

Недостатками этого метода является то, что не затрудняется выщелачивание растворимых солей, и что это в конечном итоге приведет к физической дезинтеграции отвердевшего продукта, таким образом, к дальнейшему выщелачиванию.

Добавка цемента и реагентов повышает количество отходов, с которыми приходится обращаться; обычно около 50% остатков по сухому весу добавляется как цемент и реагенты, и от 30 до 100% по общему сухому весу добавляется как вода. Таким образом, выход остатков от летучей золы обычно возрастает от 20-30 кг/т поступающих отходов до примерно 40-60 кг/т отходов, включая добавку воды, соответствующую 50% по общему сухому весу.

Способ в некоторых случаях облегчает использование остатков в качестве засыпки или строительного материала в горнорудной промышленности.

Использование этого способа предполагает потребление цемента, реагентов и воды.

Потребление энергии и воды изменяется и не определяется количественно. Эксплуатация и контроль оборудования, использованного при применении этого способа, считаются относительно простыми и сопоставимыми с обычной практикой в производстве бетона.

Отвердевание обычно осуществляется на специально предназначенных для этого установках, расположенных вблизи конечного назначения продукта; таким образом, отдельные установки для сжигания не должны устанавливать оборудование для отвердевания. Способ можно использовать для всех типов остатков системы газоочистки. Отвердевание с цементом используется также для многих других типов опасных отходов, включая размещение отходов с низким уровнем радиоактивности.

В большинстве случаев остатки можно поставлять на существующие установки. Затраты на переработку только для затвердевания в цементе могут существенно отличаться от страны к стране, и по оценке, они составляют около 25 евро на т остатков.

Способ относительно простой, и необходимые технические знания легкодоступны. Кроме того, характеристики выщелачивания отвердевшего продукта существенно улучшаются по сравнению с необработанными остатками. Стабилизация остатков от системы очистки дымовых газов с помощью затвердевания в цементе также используется и считается приемлемой компетентными органами во многих странах мира.

Основные типы затвердевания в цементе перечислены в таблице 4.1.83.

**Таблица 4.1.83 ВАРИАЦИИ В ОБРАБОТКЕ ОТВЕРЖДЕНИЕМ ОСТАТКОВ ОТ СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ МЕЖДУ НЕКОТОРЫМИ СТРАНАМИ**

Страна	Характеристики
Германия	Несколько немецких соледобывающих компаний принимают остатки от систем газоочистки и осуществляют их отвердевание с цементом с использованием остатков в качестве заполнителей. Отвердевшие остатки используются главным образом как наполнитель или для армирования. Отвердевание с цементом для некоторых рудников выполняется на одной централизованной установке с использованием различных рецептов в соответствии с конечным назначением и запросами. С централизованной установки отвердения продукт транспортируется на принимающий рудник. (Обычно остатки транспортируются на рудники, где они используются в качестве наполнителей для производстве бетона, необходимого для рудника).
Швейцария	Вариант отвердения с цементом используется в Швейцарии, где остатки промываются водой и обезвоживаются перед смешением с цементом. Это выгодно с точки зрения того, что удаляется большая часть растворимых солей из остатков; таким образом, повышается долговечность отвердевшего продукта. После отвердевания остатки депонируются на уровне поверхности на полигонах перед затвердеванием. На некоторых установках смесь разливается в формы для производства блоков, которые транспортируются для покрытия поверхности полигонов.
Швеция	На одном полигоне в Швеции (Хогдален) остатки от системы газоочистки, отвержденные в цементе, разлиты в блоки и установлены на уровне поверхности на полигоне после затвердевания.
Франция	С 1992 г. остатки от системы газоочистки и летучая зола от систем удаления пыли были подвергнуты отверждению/стабилизации с использованием минеральных и гидравлических вяжущих (например, цемент, летучая зола угля и т.д.) и реагентов перед полигонным депонированием. В 2001 г. 90% из 353 кг этих остатков были переработаны на 12 установках, расположенных на 12 из 14 французских полигонов, выходящих на поверхность, для опасных отходов. С 2001 г. были созданы две новые установки для отвердевания/стабилизации, что позволило повысить производительность переработки с 600 до 700 кг/год. В августе 2002 г. была проведена новая переработка в промышленном масштабе: с производительностью 50 кг/год, которая работает на остатках газоочистки на основе сухого бикарбоната натрия. Эти остатки очищаются и утилизируются на установке для производства кальцинированной соды; см. полное описание в разделе 4.1.5.11.5.

#### **4.1.5.11.2 Остекловывание и плавление остатков от очистки дымовых газов**

Остекловывание и плавление приводит к мобилизации летучих элементов, таких как ртуть, свинец и цинк в течение процесса переработки; это в некоторых процессах используется в сочетании с другими параметрами для производства утилизированного продукта с низким содержанием тяжелых металлов.

Способы, используемые для остекловывания и плавления остатков, похожи во многих отношениях. Основное различие главным образом состоит в процессе охлаждения, а также, что менее важно, в использовании специальных добавок, которые благоприятны для стеклообразной или кристаллической матрицы.

Некоторые способы, используемые для нагрева остатков: системы электроплавки, системы, отапливаемые горелками, и плавка с дутьем. Они отличаются по способу передачи энергии и окислительному либо восстановительному состоянию в течение работы и по количеству образующихся газообразных продуктов сгорания.

Обычно способы бывают наваяны печами, используемыми в черной металлургии. Во всех системах остатки подают обычно в реакционную камеру с помощью загрузочной системы. Процесс плавления может проводиться таким образом, что поддерживается постоянный охлаждающий слой в верхней части плавильной печи, для того чтобы ограничить процесс плавления, или все количество остатков в реакционной камере может в расплавленном состоянии.

В зависимости от системы плавления металлические сплавы можно утилизировать из реакционной камеры. Можно утилизировать цинк и свинец. В зависимости от температуры в реакционной камере и состояния окисления или восстановления в газовой фазе тяжелые металлы (в особенности кадмий и свинец) должны испариться и удалиться с отходящими газами. Вся конфигурация системы очистки отходящих газов ориентирована на снижение выбросов.

Работа в окислительных условиях позволяет избежать разделения фаз и образования металлических капель в расплаве, в то время как восстановительные условия приводят к разделению фаз, а также разделению металла и его испарению.

Для процессов с использованием горелок условия протекания процесса обычно бывают нейтральными, но объемы отходящих газов – высокие. Следовательно, должны быть большими размеры оборудования для очистки отходящих газов.

Для процессов с использованием электроэнергии, т.е. нагрев сопротивлением, с использованием электрической дуги или плазменной горелки прямого нагрева условия процесса являются восстановительными. Объем дымовых газов бывает небольшим, но с ним также могут быть проблемы, поскольку концентрация металлов и других испаряющихся веществ в отходящих газах бывает очень высокая, и может происходить конденсация в дымоходе. Часто вводят газ-носитель для предотвращения этого явления.

С плазменными горелками (т.е. с плазменными горелками непрямого нагрева) условия процесса являются сильно окислительными. Объем дымовых газов средний, в газе-носителе нет необходимости, и габариты оборудования для очистки дымовых газов – приемлемые.

Расплавленные и остеклованные продукты обычно обладают очень хорошими выщелачивающими свойствами. В швейцарских исследованиях, в ходе которых были проверены остеклованные, стеклокристаллические и так называемые спеченные продукты, было продемонстрировано, что спеченные продукты также обладают тенденцией достигать того же самого уровня стабильности в отношении выщелачивания. Остекловывание обычно дает наиболее стабильный и прочный продукт. Обычно органические соединения, такие как диоксины, разрушаются в этом процессе.

Неотъемлемым преимуществом этих процессов является деструкция органических загрязнителей, таких как диоксины. Благодаря выделению испаряющихся тяжелых металлов из процесса, термическая переработка требует дополнительной системы очистки дымовых газов, которая может проводиться на тех же самых системах очистки дымовых газов мусоросжигательного завода.

Основной недостаток этих методов состоит в том, что для них требуется существенное количество энергии, и, поэтому, они могут быть дорогими. Может быть также и проблема рынка сбыта для этих переработанных остатков.

Результатом остекловывания и плавления является мобилизация летучих элементов, таких как ртуть, свинец и цинк в течение процесса переработки.

Процессы термической переработки используют значительное количество энергии. Кроме того, в процессах образуются твердые остатки от очистки отходящих газов. В дымовых газах, образующихся при термической переработке твердых остатков, выделяются загрязняющие вещества, такие как  $\text{NO}_x$ ,  $\text{TOC}$ ,  $\text{SO}_x$ , пыль, тяжелые металлы и т.д., и требуется очистка дымовых газов для удаления этих загрязняющих веществ (или же очистка дымовых газов в системе газоочистки расположенной рядом мусоросжигательного завода, когда это бывает возможно).

Может быть также проблема рынка сбыта для переработанных остатков. Эти остатки имеют ограниченное использование по сравнению с гранулами, поступающими от установок холодной переработки шлака; причиной является физическое состояние, которое не обеспечивает высокой стабильности в применениях в зданиях/строительстве.

Обычно приблизительно 700-1200 кВт/ч/т требуется при переработке остатков для достижения и поддержания повышенных температур, но были сообщения и до 8000 кВт/ч/т. Потребление энергии и тип эксплуатации меняются в зависимости от типа печи и конструкции установки.

Обычно поступающие на переработку остатки должны соответствовать определенным требованиям качества, например: водосодержание <5%, содержание несгоревших частиц <3%, содержание металлов <20% по весу и размер золы <100 мм. Установки для термической переработки обычно снижают объем остатков примерно до одной пятой от объема, поступающего на вход. Плавление повышает плотность продуктов обычно до 2,4-2,9 т/м<sup>3</sup>.

Сообщали, что эти процессы могут быть сложными, и серьезной проблемой может быть коэффициент использования.

Термическая переработка используется широко, главным образом в Японии и США для переработки шлака, а также совместно шлака и остатков от газоо-

чистки. Вследствие высокого содержания солей и тяжелых металлов в остатках системы газоочистки, отдельная очистка остатков системы газоочистки может вызвать необходимость в масштабной очистке дымовых газов, таким образом, снижая общую выгоду отдельной переработки этих остатков.

Обычно способ является дорогим по сравнению с другими вариантами переработки. Затраты на переработку, как сообщают, составляли порядка 100-600 евро/т остатков. Капитальные затраты могут достигать до 10-20 млн. евро для установки с производительностью 1-2 т/ч.

Основной причиной внедрения способа являются хорошие свойства выщелачивания конечного продукта, трансформация токсичных остатков в инертный продукт, в особенности при остекловывании, а также значительное снижение объема.

В плотно населенных районах, таких как Япония, где имеется дефицит полигонов, полигонное депонирование является относительно дорогим. Органические соединения, такие как диоксины и фураны (с ТБО 90 или более % диоксинов и фуранов образуется при сжигании, и они концентрируются в остатках системы газоочистки и в летучей золе), почти полностью разрушаются, а неорганические соединения (т.е. тяжелые металлы) плотно связываются в атомном масштабе в плотной матрице с очень длительным сроком службы.

Термическая переработка, включающая в себя плавление и остекловывание, чаще всего используется в Японии, где, по оценкам, эксплуатируется порядка 30-40 установок; однако примеры таких установок можно найти также в США и Европе (см. табл. 4.1.84).

Таблица 4.1.84 ПРОЦЕССЫ ОСТЕКЛОВЫВАНИЯ ОСТАТКОВ ГАЗООЧИСТКИ В США И ЯПОНИИ

Страна	Характеристики			
США	Процесс остекловывания, предложенный компанией Corning, Inc. <sup>21</sup> , включает в себя начальные стадии удаления воды, обезвоживания и сушки при 500°C перед добавкой добавок, способствующих образованию стекла, и плавлением. Была сделана начальная промывка и сушка для удаления хлоридов и остаточного органического углерода.			
	Установки для термической переработки как шлака, так и остатков систем газоочистки включают:			
Япония		<b>В работе</b>	<b>Планируется</b>	<b>Мощность (т/день)</b>
	Электроплавка			
	Дуговые печи	4	2	655
	Плазменные печи	4	2	183
	Печи электросопротивления	2	3	148
	Горелки			
	С отражающей поверхностью	12		209
	С вращающейся поверхностью	5		84
	Дутьевая плавка			
	Коксовая постель	3		170
	Сжигание остаточного углерода	1		15
Итого	31	7	1464	

<sup>21</sup> Мировой лидер в производстве специальных стекол и керамики, имеющий 160-летний опыт в материаловедении и разработке новейших технологий. Изделия компании используются в электронике, мобильных системах контроля выбросов и биологии.

Процесс плазменной плавки с мощностью 0,5 МВт для переработки как летучей золы, так и шлака пущен в эксплуатацию вблизи Бордо, Франция, с 1997 г. Сообщалось, что на этой установке не перерабатывали шлак, а только летучую золу после электрофильтров. Кроме того, на ней нельзя перерабатывать котельную золу из-за содержания в ней серы и галогенов.

#### **4.1.5.11.3 Экстрагирование кислотной котельной и летучей золы**

Котельная и летучая зола очищаются кислыми стоками с первой (кислотной) стадии мокрого скруббера. Затем очищенные остатки промываются и обычно смешиваются со шлаком перед депонированием на полигоне.

Этот процесс, известный как процесс FLUWA, сочетает экстрагирование кислотой растворимых тяжелых металлов и солей с использованием (кислотной) продувки скруббера. Перед использованием жидкости скруббера удаляется ртуть либо с помощью фильтрации (когда активированный уголь вводится в скруббер) и (или) с помощью специального ионообменника. Как котельная зола, так и летучая зола очищаются этим способом. Отношение L/S на стадии экстрагирования составляет примерно 4; pH контролируется на уровне 3,5 с помощью добавки гашеной извести. В течение времени пребывания примерно 45 мин сульфат (из скруббера для очистки от SO<sub>2</sub>) осаждается до гипса. Остаток обезвоживается, затем промывается в противотоке на ленточном фильтре и в конечном итоге депонируется на полигоне, обычно в смеси со шлаком.

Фильтрат должен быть обработан, для того чтобы удалить тяжелые металлы с помощью нейтрализации, осаждения и ионного обмена. В обезвоженном и промытом отфильтрованным осадке содержится около 25% цинка, и, поэтому, он подвергается рециклингу в металлургических процессах.

В процессе удаляется значительная часть общего количества тяжелых металлов из остатков (Cd: ≥85%; Zn: ≥85%; Pb, Cu: ≥33%; Hg: ≥95%). Выщелачиваемость остатка снижается в 100-1000 раз, цинк, кадмий и ртуть подвергаются рециклингу. Испытания на экотоксичность (MICROTOX, Ceriodaaphnia<sup>22</sup>, рост водорослей, летальность червей и рост салата-латука), как сообщают, были положительными.

Содержание диоксинов в шлаке возрастает, когда он депонируется вместе с летучей золой; однако свойства выщелачивания смеси даже лучше вследствие большей плотности.

Соль и металлы из остатков газоочистки переводятся в поток сточных вод, так что затем может потребоваться очистка перед сбросом.

Пуск первой установки состоялся в 1996 г. Большая часть установок работает круглосуточно, и обычно они работают от 4 до 7 дней в неделю в зависимости от появления остатков очистки дымовых газов.

Систему можно использовать только на мусоросжигательных установках с мокрой системой газоочистки, которая может сбрасывать очищенные сточные воды.

<sup>22</sup> *Цериодафния – ветвистый рачок, который часто используется при проведении испытаний на токсичность, например, сточных вод.*

Затраты на переработку остатков от системы очистки дымовых газов: около 150-250 евро/т (включая платежи за рециклинг отфильтрованного остатка с цинком, что эквивалентно 10 евро/т отходов).

Способ используется как метод для очистки остатков согласно швейцарскому законодательству и имеет конкурентную цену по сравнению с основными альтернативными вариантами. Примеры установок приведены в таблице 4.1.85.

**Таблица 4.1.85 ПРИМЕРЫ УСТАНОВОК, ИСПОЛЬЗУЮЩИХ ПРОЦЕСС ЭКСТРАГИРОВАНИЯ КИСЛОТой ДЛЯ ОБРАБОТКИ ОСТАТКОВ ГАЗОЧИСТКИ**

Установки (все для сжигания ТБО)	Страна	Год пуска
Берн	Швейцария	1996
Букс	Швейцария	1997
Эменшпиц	Швейцария	1998
Либерец	Чешская республика	1999
Нидерурнен	Швейцария	2001
Тун	Швейцария	2003
Лозанна	Швейцария	2005

В ряде других процессов также используется более или менее сходная технология экстрагирования кислотой.

190

**Таблица 4.1.86 ХАРАКТЕРИСТИКИ НЕКОТОРЫХ ПРОЦЕССОВ ЭКСТРАГИРОВАНИЯ КИСЛОТой, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ОЧИСТКИ ОСТАТКОВ ОТ ОЧИСТКИ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ**

Процесс	Характеристики
MR	Процесс MR сходен с процессом 3 R. Он объединяет экстрагирование кислотой с термической переработкой. Сначала котельная и летучая зола промываются с раствором скруббера первой стадии с последующим обезвоживанием. Затем остатки перерабатываются во вращающейся печи в течение одного часа при температуре порядка 600°C с деструкцией диоксинов и ртути. Отходящие газы очищаются с помощью фильтра с активированным углем. Сточные воды очищаются для удаления тяжелых металлов. Раствор из второго скруббера используется для промывки шлака и нейтрализации кислых стоков.
ALS	Сульфидный процесс экстрагирования кислотой (AES) объединяет летучую золу и скруббер с раствором NaOH с водой в соотношении L/S 5. После смешения pH корректируется до примерно 6-8 с добавкой HCl для экстрагирования тяжелых металлов, и добавляется NaHS для связывания тяжелых металлов в виде сульфидов. Затем добавляется коагулянт и суспензия обезвоживается. Фильтровальный остаток депонируется на полигоне, а сточные воды очищаются на последующих очистных сооружениях для удаления тяжелых металлов.
3 R	Процесс 3 R сходен с процессом FLUWA, и в нем используется раствор кислотного скруббера для экстрагирования тяжелых металлов, с последующей стадией обезвоживания. Однако твердые частицы возвращаются в камеру сгорания. Подобно процессу FLUWA, требуется очистка образующихся сточных вод.

#### **4.1.5.11.4 Обработка остатков от очистки дымовых газов, появляющихся в процессе очистки сухим бикарбонатом натрия, для использования в производстве кальцинированной соды**

Остатки от очистки дымовых газов, появляющиеся в процессе очистки сухим бикарбонатом натрия, хранятся в бункере в ожидании обработки. Затем

остатки растворяются при регулировании pH и при добавке определенных реагентов. Образующаяся суспензия проходит через фильтр-пресс, в котором отделяются нерастворимые вещества: гидроксиды тяжелых металлов, активированный уголь и летучая зола. Таким образом, получается неочищенный рассол и отфильтрованный остаток.

Неочищенный рассол затем проходит через песочный фильтр и поступает в колонку с активированным углем, который абсорбирует органические соединения, которые могут находиться в рассоле. Конечные следовые количества тяжелых металлов удаляются в двух колонках с ионообменными смолами, для того чтобы достичь класса качества природного рассола, который можно использовать в промышленном производстве кальцинированной соды.

Остаток фильтрования, который является единственным остающимся отходом, депонируется на полигоне. Общее количество составляет не более 2-4 кг на тонну сжигаемых ТБО.

Очищенный рассол и остаток фильтрования являются единственными конечными продуктами. Промывная вода, реагенты ионообменных смол и т.д. полностью подвергаются рециклингу в процессе растворения, так что на установке не образуется никаких водных отходов.

Очистка остатков снижает конечное количество отходов, требующих депонирования на полигоне.

Образующийся рассол можно использовать для промышленного получения кальцинированной соды.

Для процесса требуется дополнительная энергия и потребление сырья.

Требуется осторожность для обеспечения улавливания загрязняющих веществ, содержащихся в остатках от газоочистки, с тем, чтобы они не попали в окружающую среду

При реализации способа образуется небольшое количество остатка, что полезно с точки зрения снижения транспортных затрат.

Установка управляется в соответствии с требованиями системы гарантии качества, которая гарантирует, среди прочего, контроль сырья, с одной стороны, и контроль очистки рассола, с другой стороны.

При прибытии на установку остатки газоочистки на основе натрия анализируются для проверки того, чтобы их состав соответствовал техническим требованиям на приемку.

Очищенный рассол, получаемый на установке, регулярно анализируется для подтверждения соответствия с техническими условиями перед отправкой на завод по производству кальцинированной соды.

Применяется только для остатков, появляющихся в системе очистки дымовых газов сухим бикарбонатом натрия.

Способ запатентован.

При сравнении с отвердеванием и депонирование на полигоне остатков от очистки дымовых газов:

1) отвердевание облегчается за счет отделения растворимой фракции;

2) снижается количество конечных остатков.

Сообщается, что эксплуатационные затраты низкие, а капитальные затраты на установку для переработки являются ключевым фактором. Для минимизации их процесс можно реализовывать на централизованных установках, обслуживающих несколько мусоросжигательных заводов.

Высокие затраты на переработку остатков от газоочистки являются важной движущей силой для использования процесса.

Была спроектирована промышленная пилотная установка для демонстрации возможности очистки и рециклинга в среднем масштабе. Проектная производительность, поэтому, составляет 350 кг остатков/ч, или 2800 т/год. После проведения пилотных испытаний получено разрешение на переработку 13000 т/год. Услуги будут предоставляться итальянским мусоросжигательным заводам.

#### ***4.1.5.11.5 Обработка остатков от очистки дымовых газов, появляющихся в процессе очистки сухим бикарбонатом натрия, с использованием гидравлических вяжущих***

Остатки от очистки дымовых газов, появляющихся в процессе очистки сухим бикарбонатом натрия, хранятся в бункере в ожидании обработки. Затем остатки смешиваются с гидравлическим вяжущим, а потом вводятся в водный раствор с некоторыми реагентами. Образующаяся при этом суспензия проходит через фильтр-пресс, где происходит отделение нерастворимых веществ (содержащих, в частности, большинство тяжелых металлов). Получающимися продуктами являются рассол и остаток от фильтрования.

Рассол затем подвергается очистке таким образом, чтобы его можно было повторно использовать при производстве кальцинированной соды.

Остаток от фильтрования, содержащий гидравлические вяжущие, отверждается в инертном материале (согласно французским стандартам), что соответствует условиям депонирования на полигоне.

В процессе не образуется никаких жидких отходов: только подвергаемый утилизации рассол и остаток от фильтрования.

Очищенные соли утилизируются при производстве кальцинированной соды в форме рассола, заменяя часть поставок соли на завод.

Конечные остатки уже стабилизированы и отвердевают, когда они отправляются с установки, и они транспортируются на лицензированный полигон.

При реализации способа образуется небольшое количество остатков. Для минимизации транспортных воздействий целесообразно размещать установку вблизи завода по производству кальцинированной соды.

Установка управляется в соответствии с требованиями системы гарантии качества, которая гарантирует, среди прочего, контроль сырья, с одной стороны, и контроль очистки рассола, с другой стороны.

При прибытии на установку остатки газоочистки на основе натрия анализируются для проверки того, чтобы их состав соответствовал техническим требованиям на приемку.

Очищенный рассол, получаемый на установке, регулярно анализируется для подтверждения соответствия с техническими условиями перед отправкой на завод по производству кальцинированной соды.

Применяется только для остатков, появляющихся в системе очистки дымовых газов сухим бикарбонатом натрия.

Способ запатентован.

При сравнении с отвердеванием и депонирование на полигоне остатков от очистки дымовых газов:

- 1) отвердевание облегчается за счет отделения растворимой фракции;
- 2) снижается количество конечных остатков.

Сообщается, что эксплуатационные затраты низкие, а капитальные затраты на установку для переработки являются ключевым фактором. Для минимизации их процесс можно реализовывать на централизованных установках, обслуживающих несколько мусоросжигательных заводов.

Высокие затраты на переработку остатков от газоочистки являются важной движущей силой для использования процесса.

Установка имеется во Франции с производительность 50 тыс. т/год.

## 4.2. Выводы по наилучшим доступным технологиям

Для понимания этой главы и ее содержания внимание читателя возвращается к предисловию к этому документу, и в особенности к пятой части этого предисловия: “Как понимать и как пользоваться этим документом”. Технологии и связанные с ними выбросы и (или) уровни потребления, или диапазоны уровней, представленные в этой главе, были оценены с помощью итеративного процесса, связанного со следующими шагами:

- идентификация ключевых проблем окружающей среды для сжигания отходов
- рассмотрение технологий, наиболее важных для обращения к этим ключевым проблемам
- идентификация наилучших уровней экологических показателей на основе существующих данных в ЕС и мире
- рассмотрение условий, при которых эти уровни показателей достигаются, такие как затраты, воздействия на различные среды и основные движущие силы, связанные с реализацией этих технологий
- выбор НДТ и связанных с ними выбросов и (или) уровней потребления для этого сектора в общем смысле в соответствии со Статьей 2(11) и Приложением IV к этой директиве (имеется в виду Директива 2008/1/ЕС Европейского Парламента и Совета от 15 января 2008 г. о комплексном предотвращении и контроле загрязнений, заменившей Директиву Совета 96/61/ЕС от 24 сентября 1996 г. с аналогичным названием).

Экспертная оценка Европейского бюро по комплексному предотвращению и контролю загрязнений и соответствующей Технической рабочей группы сы-

грала ключевую роль в каждом из этих шагов и в способе представления здесь информации.

На основе этой оценки технологи, и насколько это возможно, уровни выбросов и потребления, связанные с использованием НДТ представлены в этой главе, которые считаются более приемлемыми для сектора в целом, и во многих случаях отражают нынешние показатели некоторых установок в секторе. Когда представлены уровни выбросов или потребления, “связанные с наилучшими доступными технологиями”, это следует понимать как означающее, что эти уровни представляют экологические показатели, которые можно предполагать как результат применения в этом секторе описанной технологии, принимая во внимание баланс затрат и преимуществ, присущих определению НДТ. Однако ни выбросы, ни потребления не являются предельными значениями, и их не следует понимать таким образом. В некоторых случаях может быть технически возможно достижение лучших уровней выбросов или потребления, но вследствие понесенных затрат или соображений различных сред, они не считаются подходящими как НДТ для сектора в целом. Однако такие уровни можно считать обоснованными в более конкретной ситуации, когда имеются особые движущие силы.

Уровни выбросов и потребления, связанные с использованием НДТ, следует рассматривать вместе с любыми определенными исходными условиями, когда имеются особые движущие силы.

194

Концепция “уровней, связанных с НДТ”, описанная выше, отличается от термина “достижимый уровень”, используемого в других местах этого документа. Когда уровень описывается как “достижимый” с использованием определенной технологии или сочетания технологий, его следует понимать, как означающий, что можно ожидать достижения этого уровня через существенный период времени на хорошо обслуживаемой и эксплуатируемой установке или технологическом процессе с использованием этих технологий, хотя определенные обстоятельства (например, технические условия, затраты, влияние загрязнения одной среды на другую), которые приводят к повышению достижимого уровня, могут означать, что эти уровни обычно не рассматриваются как НДТ.

При наличии данных, относящихся к затратам, их следует приводить вместе с описанием технологий, представленных в предыдущих главах. Это дает грубое указание на величину сопутствующих затрат. Однако реальные затраты при применении технологии будут зависеть в значительной степени от конкретной ситуации, относящейся, например, к налогам, платежам и техническим характеристикам рассматриваемой установки. Невозможно полностью оценить такие зависимости от местных условий факторы в этом документе. При отсутствии данных, относящихся к затратам, заключения в отношении экономической жизнеспособности технологий составляются по наблюдениям за существующими установками.

Предполагается, что типичные НДТ в этой главе являются своеобразной точкой отсчета, по отношению к которой принимается суждение о нынешних

показателях существующей установки или оценивается предложение для новой установки. Таким путем будет оказываться помощь при определении оптимальных условий “на основе НДТ” для установки или при установлении общих обязывающих норм в рамках Статьи 9(8). Предусматривается, что новые установки можно проектировать с эксплуатационными качествами, которые будут даже лучше, чем уровни НДТ, представленные здесь, и что существующие установки могут стремиться к уровням типичных НДТ или выше, в соответствии с технической и экономической применимостью технологий в каждом случае.

В то время как справочные документы НДТ не устанавливают юридически обязательных норм, имеется в виду, что они дают информацию для руководства промышленности, государствам-членам и общественности о достижимых уровнях выбросов и потребления при использовании конкретных технологий. Соответствующие предельные значения для любого конкретного случая необходимо определять с учетом целей Директивы совета 96/61 ЕС от 24 сентября 1996 г. и местных факторов.

Рассмотрим дополнительные предварительные вопросы, специально излагаемые для этого Справочного документа НДТ.

Отношение между предельными значениями для выбросов и показателями НДТ.

Многие европейские мусоросжигательные установки были предметом специальных нормативных положений, относящихся к выбросам их в воздух – в некоторых случаях на много лет. Нормативные положения включают в виде приложения предельных допустимых выбросов (ПДВ) для некоторых веществ, когда они сбрасываются в воздух. Самое последнее Европейское законодательство – Директива 2000/76/ЕС, которая включает в себя ряд эксплуатационных условий и ПДВ, применимые к большинству ситуаций, когда отходы сжигаются в промышленных установках.

Когда анализируются уровни выбросов и показатели, связанные с использованием НДТ, о которых сообщается в этой главе, важно, чтобы читатель понимал следующее:

- уровни выбросов и показатели, связанные с использованием НДТ, не то же самое, что ПДВ
- среди стран ЕС-25 (в настоящее время 27), в которых это вопрос компетенции национальных или местных органов власти, ПДВ устанавливаются и приводятся в исполнение различными способами
- уровни выбросов и показатели, приведенные здесь, являются уровнями эксплуатационных характеристик, которые обычно можно ожидать от применения НДТ
- соответствие с ПДВ, установленными в разрешениях и законодательстве, проявляется в том, что в нормальных условиях эксплуатации эти уровни бывают ниже ПДВ
- важно отметить, что на определенной установке пониженный уровень выбросов в диапазоне НДТ, представленном здесь, не может представлять собой

наилучшее общее решение, относящееся к затратам и воздействиям загрязнения одной среды на другую. Кроме того, может существовать антагонизм между ними, т.е. снижение в одной среде может приводить к росту в другой среде. По этим причинам не ожидается, что установка будет работать со всеми параметрами на самых низких уровнях в диапазонах НДТ.

ПДВ, которые появляются в различных нормативных положениях, применимых к сжиганию отходов, были использованы в контрактах на поставки оборудования как минимальные гарантированные уровни показателей для поставщиков установки, которые должны быть достигнуты при самых неблагоприятных условиях эксплуатации. Это затем приводит к ситуации, при реальных условиях эксплуатации, когда некоторые мусоросжигательные установки демонстрируют рабочие выбросы, которые значительно ниже ПДВ. Поэтому важно оценивать различие между уровнями эксплуатационных показателей, которые приведены как НДТ в этой главе, и более высокими ПДВ, которые являются источником этого уровня показателей.

В гипотетическом примере, если ПДВ для HCl установлено на уровне 10 мг/нм<sup>3</sup>, поставщик определенной технологии может как часть контракта на поставку своего оборудования, предпочесть представить гарантированный показатель в диапазоне 7-8 мг/нм<sup>3</sup>. В такой ситуации установка может тогда обычно работать при уровне 1-5 мг/нм<sup>3</sup> с некоторыми временными изменениями выше этого значения.

Реальный пример ПДВ и подтвержденные результаты выбросов для пыли на мусоросжигательном заводе в одном государстве-члене (данные 2001 г.):

- ПДВ, приведенная в разрешении, составляла: 15 мг/нм<sup>3</sup> (получасовое среднее)
- диапазон реальных измеренных значений: 0-12,6 мг/нм<sup>3</sup> (получасовое среднее)
- среднемесячные значения (на основе всех измеренных получасовых средних значений): 0,4-1,8 мг/нм<sup>3</sup>
- среднегодовое значение (на основе всех измеренных получасовых средних значений): 0,8 мг/нм<sup>3</sup>.

Можно видеть, что усредненные значения выбросов ближе к нижнему уровню измеренного диапазона и намного ниже ПДВ, установленного в этом примере. Следует, однако, отметить, что нельзя автоматически предполагать, что подобные отношения между ПДВ и реальными результатами будут существовать в других случаях или других отраслях промышленности.

Для некоторых веществ и некоторых технологий снижение ПДВ может привести к трудностям в обеспечении более низкого уровня выбросов. Это может затем вызвать принятие другой технологии для контроля этого вещества и потребует пересмотра общей конструкции установки.

Снижение ПДВ в воздух само по себе, без рассмотрения общих комплексных показателей установки может при улучшении показателей в одном отношении привести к общему снижению показателей и (или) к значительному воздей-

ствию на затраты. Это обычно подтверждается для этого сектора результатами европейских исследований оценки воздействия на здоровье – которые, на основе нынешних данных и современных показателей выбросов предполагают, что местные воздействия выбросов установки для сжигания в воздух являются либо незначительными, либо неопределимыми.

Уровни выбросов и показатели, связанные с использованием НДТ, как приведено в этой главе, при необходимости, даются с исходными условиями, при которых они применяются, например, для соответствующих периодов мониторинга и отбора проб. Для выбросов в воздух концентрации веществ стандартизованы для 11% O<sub>2</sub>, сухого газа, 273 К и 101,3 кПа.

Сочетание НДТ для сжигания отходов, перечисленных в этой главе.

При рассмотрении НДТ, описанных здесь для сжигания отходов, важно учитывать, что оптимальное решение для определенной установки для сжигания, в целом, изменяется в соответствии с местными условиями. Контрольный перечень для наилучшего местного решения не тот, который обеспечивают НДТ, перечисленные здесь, так как это потребует рассмотрения местных условий в такой степени, которая не может быть достигнута в документе, имеющем дело с НДТ, в общем, без рассмотрения местных условий, вероятно, не приведет к оптимизированному местному решению в отношении окружающей среды, в целом.

Отношение между НДТ и выбором участка для установок для сжигания отходов.

Этот документ сам по себе не имеет дела с критериями для выбора подходящих участков для установок для сжигания отходов, но это как раз случай, когда для некоторых выполненных НДТ требуется участок со специальными условиями. Однако сам по себе выбор участка обычно требует рассмотрения многих других важных критериев, например, доступность участка, транспортирование отходов на установку и т.д.

Например, в определенных местных обстоятельствах возможны ситуации, когда придется строить либо:

- а) установку с очень высокими уровнями утилизации энергии в месте, в котором потребуются большое расстояние для транспортирования отходов, либо
- б) установку со сниженным уровнем утилизации энергии, для которой будет снижено расстояние транспортирования отходов.

Такие преимущества и недостатки сами по себе часто рассматриваются вместе сбалансированным образом при выборе места. Результатом тогда может стать то, что благодаря выбранному месту некоторые НДТ, включенные здесь, окажутся просто непригодными на уровне установки.

Понимание применения НДТ, описанных в этой главе. Эти Справочные документы НДТ имеют дело с отходами различных типов (например, опасные отходы, ТБО, осадки сточных вод), которые отличаются очень широким диапазоном характеристик между различными классами и даже в пределах самих классов, например, размер частиц, теплота сгорания, влагосодержание и содержание золы, тип и концентрация загрязняющих веществ. Поэтому при рассмотре-

нии НДТ, представленных в этой главе, применимость технологий, описанных в главе 1, всегда должна проверяться на определенной установке. В Статье 9 Директивы это учитывается, когда формулируется, что условия получения разрешения на применение установки должны основываться на НДТ “*без предписания использования любого способа или определенной технологии, но с учетом технических характеристик рассматриваемой установки, ее географического расположения и местных условий окружающей среды*”.

НДТ, которые перечислены в этой главе (табл. 4.2.1), включают в себя типичные НДТ (см. 4.2.1) и специальные НДТ (см. 4.2.2, 4.2.3, 4.2.4, 4.2.5 и 4.2.6) для определенных типов отходов. Типичные НДТ – это такие НДТ, которые считаются обычно применимыми ко всем типам установок для сжигания отходов. НДТ для конкретных типов отходов – это такие НДТ, которые считаются типичными НДТ для установок, имеющих дело в основном или полностью с определенными типами отходов (т.е. специализированные установки). На установках, которые принимают больше одного вида отходов, сочетание специальных НДТ может представлять НДТ; однако нет оценки того, когда и в какой степени они должны применяться, и потребуется местная оценка.

Таблица 4.2.1 КАК СОЧЕТАТЬ НДТ, ОПИСАННЫЕ ДЛЯ КОНКРЕТНОГО СЛУЧАЯ

Общие НДТ для конкретного случая	
Типичные НДТ	Специальные НДТ для типа отходов
Как описано в 4.2.1	Сжигание ТБО – раздел 4.2.2
	Предварительно обработанные или селективные ТБО (включая топливо из ТБО) – раздел 4.2.3
	Сжигание опасных отходов – раздел 4.2.4
	Сжигание осадков сточных вод – раздел 4.2.5
	Сжигание медицинских отходов – раздел 4.2.6

Поскольку невозможно получить исчерпывающие ответы и вследствие динамического характера отрасли и кратковременного характера этого документа, существует возможность того, что могут быть дополнительные технологии, не описанные в этой главе, но которые соответствуют или превышают критерии НДТ, установленные здесь.

#### 4.2.1 Типичные НДТ для сжигания всех отходов

Типичные НДТ в этом разделе являются дополнительными для тех, которые перечислены далее в этой главе для индивидуальных частей отрасли сжигания.

Считается, что, в общем, для каждой установки для сжигания отходов сочетание НДТ, перечисленных здесь (раздел 4.2.1), вместе с специфичными НДТ для типа отходов, перечисленными в разделах 4.2.2- 4.2.6, представляет собой стартовую точку для процесса определения надлежащих местных технологий и условий. Поэтому практическая цель состоит в местной оптимизации в условиях установки, с учетом этого руководства для НДТ и других местных факторов.

Для сжигания отходов местные факторы, которые должны быть учтены, среди прочих, обычно включают в себя:

- местные экологические факторы, например, исходное качество окружающей среды, могут оказывать влияние на требуемые местные показатели в отношении выбросов с установки или наличия определенных ресурсов
- характерная особенность отходов, которые образуются в данном месте, и воздействие инфраструктуры управления отходами на тип и характер отходов, прибывающих на установку
- затраты и техническая возможность реализации определенной технологии в отношении ее потенциальных преимуществ – это особенно важно, когда рассматривают показатели существующих установок
- наличие, степень использования и цена вариантов для утилизации/размещения остатков, образующихся на установке
- наличие и цена, получаемая за утилизируемую энергию
- местные экономические/рыночные/политические факторы, которые могут оказывать влияние на приемлемость более высоких платежей за прием отходов, которые могут сопутствовать добавке некоторых технологических вариантов.

Поэтому в сочетании с дополнительным потоком отходов для специальных НДТ, перечисленных в последующих разделах этой главы, для того чтобы предусмотреть уровни показателей, которые обычно совместимы с НДТ, в типичных НДТ для сжигания отходов следует рассмотреть:

- 1) Выбор конструкции установки, которая годится для характеристик принимаемых отходов, как описано в 4.1.1.1, 4.1.2.1 и 4.1.2.3
- 2) Обслуживание участка, обычно опрятного и находящегося в чистом состоянии, как описано в 4.1.1.2
- 3) Поддержание всего оборудования в надлежащем исправном состоянии и проведение технического контроля и планово-предупредительного ремонта для достижения этого
- 4) Установление и поддержание контроля качества в отношении поступающих отходов, в соответствии с типами отходов, которые могут поступать на установку, как описано в:
  - 4.1.1.3.1 Установление входных ограничений и идентификация ключевых рисков
  - 4.1.1.3.2 Связь с поставщиками отходов для улучшения контроля качества поступающих отходов
  - 4.1.1.3.3 Контроль качества загружаемых отходов на участке МСЗ
  - 4.1.1.3.4 Проверка, отбор проб и испытания поступающих отходов
  - 4.1.1.3.5 Детекторы радиоактивных материалов
- 5) Хранение отходов в соответствии с оценкой риска их свойств, для того чтобы риск потенциального выделения загрязняющих веществ был минимизирован. В общем, это НДТ для хранения отходов в местах, которые имеют закрытые стойкие поверхности, с контролируемым и отдельным дренажом, как описано в 4.1.1.4.1.

6) Использование технологий и процедур для ограничения и управления временем хранения отходов, как описано в 4.1.1.4.2, для того чтобы в целом снизить риск выбросов при хранении отходов/разрушения контейнера и технологических трудностей, которые могут возникнуть. В общем, это НДТ для:

Предотвращения того, чтобы объемы хранящихся отходов не были слишком большими для предусмотренного хранения

Насколько это достижимо, осуществление контроля и управление поставками путем коммуникаций с поставщиками отходов и т.д.

7) Минимизация образования запахов (и других потенциальных неорганизованных выбросов) от мест хранения крупногабаритного мусора (включая контейнеры и бункеры, но исключая небольшие объемы отходов, хранящиеся в контейнерах) и в местах предварительной обработки отходов с помощью продувки этой зоны воздухом для горения (см. 4.1.1.4.4).

В дополнение к этому рассматривается также НДТ, предусматривающие контроль запаха (и других потенциальных неорганизованных выбросов), когда мусоросжигательное устройство недоступно (например, в течение обслуживания) путем:

а) предотвращения перегрузки при хранении отходов;

б) экстрагирования соответствующей атмосферы с помощью альтернативной системы контроля запаха.

8) Отделение хранения отходов в соответствии с оценкой риска их химических и физических характеристик для обеспечения безопасного хранения и переработки, как описано в 4.1.1.5.

9) Четкая маркировка отходов, которые хранятся в контейнерах, таким образом, чтобы их можно было постоянно идентифицировать, как описано в 4.1.1.4.6.

10) Разработка плана предотвращения, определения и контроля (описано в 4.1.1.4.7) пожарной опасности на установке, в частности для:

- зоны хранения и предварительной обработки
- зон загрузки мусоросжигательной установки
- систем электроуправления
- тканевых фильтров и фильтров со статическим слоем.

Обычно НДТ для реализации такого плана включают в себя использование:

а) автоматизированную систему пожарной сигнализации

б) использование либо ручной либо автоматической системы пожаротушения и контроля, как требуется в соответствии с проведенной оценкой риска.

11) Смешивание (т.е. использование бункерного крана для смешения) или дополнительная предварительная обработка (например, смешивание некоторых жидких и пастообразных отходов, или измельчение некоторых твердых отходов) гетерогенных отходов до степени, которая требуется для соответствия проектным техническим характеристикам принимающей установки (4.1.1.5.1). При рассмотрении степени использования смешения/предварительной обработки особое значение имеет учет воздействия между средами (например, потребление энергии, шум, запах или другие выбросы) более

широкомасштабной предварительной обработки (например, измельчение). Предварительная обработка с наибольшей вероятностью требуется, когда установка была спроектирована для ограниченных требований, гомогенных отходов.

12) Использование технологий, описанных в 4.1.1.5.5 или 4.1.6.4, насколько это практически и экономически оправдано, удаление черных и цветных, под-вергаемых рециклингу металлов для их утилизации либо:

- а) после сжигания из остатков шлака или
- б) при измельчении отходов (например, когда для них используются определенные системы сжигания) из измельченных отходов до стадии сжигания.

13) Предоставление операторам средств для визуального мониторинга, непосредственно или с использованием телеэкрана мест хранения отходов и загрузки, как описано в 4.1.1.6.1.

14) Минимизация неконтролируемых выбросов в воздух из камеры сгорания при загрузке отходов или в других ситуациях как описано в 4.1.1.6.4

15) Использование моделирования потоков, которое может помочь в предоставлении информации для новых или существующих установок в отношении сжигания или показателей системы очистки дымовых газов (таких, которые описаны в 4.1.2.2) и для предоставления информации, для того чтобы:

а) оптимизировать геометрию печи и котла-утилизатора таким образом, чтобы улучшить показатели сжигания отходов;

б) оптимизировать подачу воздуха для горения таким образом, чтобы улучшить показатели сжигания отходов;

с) при использовании СНКВ или СКВ для оптимизации мест инъекции реагентов таким образом, чтобы повысить эффективность снижения выбросов  $\text{NO}_x$  при минимизации образования закиси азота, аммиака и потребления реагентов (см. общие разделы по СНКВ и СКВ в 4.1.4.4.1 и 4.1.4.4.2).

16) Для того чтобы снизить общие выбросы, для установления рабочего режима и выполнения процедур (например непрерывная работа предпочтительнее чем периодическая, системы планово-предупредительного ремонта) с тем, чтобы минимизировать насколько это практически возможно плановые и неплановые остановы и пуски, как описано в 4.1.2.5

17) Идентификация принципов регулирования сжигания отходов и использование ключевых критериев сжигания и системы регулирования сжигания для мониторинга и поддержания этих критериев в надлежащих граничных условиях, для того чтобы поддерживать эффективные показатели сжигания, как описано в 4.1.2.6. Технологии, рассматриваемые для регулирования сжигания, могут включать в себя использование инфракрасных камер (см. 4.1.2.7), или другие средства, такие как ультразвуковые измерения или регулирование разности температур.

18) Оптимизация и регулирование условий сжигания с помощью сочетания:

а) регулирования подачи воздуха (кислорода), распределения и температуры, включая смешение газа и окислителя

- b) регулирования температуры горения и распределения температур
- c) регулирования времени пребывания неочищенного газа.

Соответствующие технологии для обеспечения этих целей описаны в:

- 4.1.2.8 Оптимизация стехиометрии подаваемого воздуха
- 4.1.2.9 Оптимизация и распределение подачи первичного воздуха
- 4.1.2.11 Инжекция вторичного воздуха, оптимизация и распределение
- 4.1.2.19 Оптимизация времени, температуры, турбулентности газов в зоне сжигания и концентрации кислорода
- 4.1.2.4 Конструирование для повышения турбулентности в камере вторичного сгорания

19) В общем, это НДТ для использования тех условий эксплуатации (т.е. температура, время пребывания и турбулентность), которые определены в Статье 6 Директивы 2000/76/ЕС. Использование эксплуатационных условий, превышающих те, которые требуются для эффективного обезвреживания отходов, обычно следует избегать. Использование других эксплуатационных условий также может быть НДТ, если они предусмотрены для обеспечения подобного или лучшего общего уровня экологических показателей. Например, когда используются рабочие температуры ниже 1100°C (как определено для некоторых опасных отходов в Директиве 2000/76/ЕС), и было продемонстрировано обеспечение сходного или лучшего общего уровня экологических показателей, использование таких пониженных температур рассматривается как НДТ.

20) Подогрев первичного воздуха для горения для отходов с низкой теплотой сгорания при использовании тепла, утилизируемого в установке, в условиях, когда это может привести к улучшенным показателям сжигания (например, когда сжигаются отходы с низкой теплотой сгорания/высоким влагосодержанием), как описано в 4.1.2.10. В общем, эта технология не применима для установок по сжиганию опасных отходов.

21) Использование вспомогательной горелки (горелок) для пуска и останова и для поддержания требуемых рабочих температур сжигания (в соответствии с обезвреживаемыми отходами) в любое время, когда в камере сжигания имеются несгоревшие отходы, как описано в 4.1.2.20.

22) Использование сочетания отбора тепла ближе к печи (например, использование водяного экрана в печах с колосниковыми решетками и (или) камерах вторичного горения) и изоляции печи (например, огнеупорные участки или другие облицованные стенки печи, которое в соответствии с низшей теплотой сгорания и коррозионными свойствами сжигаемых отходов предусмотрено для:

- a) адекватного удержания тепла в печи (отходы с низкой теплотой сгорания требуют повышенного удержания тепла в печи)
- b) дополнительной передачи тепла для утилизации энергии (для отходов с повышенной теплотой сгорания может оказаться допустимым/потребоваться отбор тепла из более ранних стадий печи).

Условия, при которых применимы различные технологии, описаны в 4.1.2.22 и 4.1.3.12.

23) Использование размеров печи (включая камеры вторичного горения и т.д.), которые являются достаточно большими для обеспечения эффективно-го сочетания времени пребывания газов и температуры таким образом, чтобы реакции горения могли завершиться с образованием низких и стабильных выбросов СО и летучих органических соединений (ЛОС), как описано в 4.1.2.23.

24) Когда используется газификация или пиролиз, для того чтобы избежать образования отходов, НДТ должны:

а) объединить стадию газификации или пиролиза со стадией последующего сжигания с утилизацией энергии и очисткой дымовых газов, чтобы обеспечить рабочие уровни выбросов в воздух в диапазоне выбросов, связанных с НДТ, которые определены в этой главе НДТ

б) утилизировать или поставлять для использования вещества (твердые, жидкие или газообразные), которые не являются горючими.

25) Для того чтобы избежать неисправностей при эксплуатации, которые вызваны повышенной температурой вязкой летучей золы, используется конструкция котла-утилизатора, которая позволяет в достаточной степени снизить температуру газа перед пучком конвективного теплообмена (например, обеспечение достаточного количества радиационных экранов в печи/котле и (или) водяных экранов либо других систем, помогающим охлаждению), как описано в 4.1.2.23 и 4.1.3.11. Реальная температура, выше которой происходит значительное образование накипи, зависит от типа отходов и параметров пара котла-утилизатора. В общем, для ТБО это обычно 600-750°C, ниже для опасных отходов и выше для осадков сточных вод. Радиационные теплообменники, такие как пластинчатого типа пароперегреватели, могут использоваться при более высоких температурах дымовых газов, чем другие конструкции (см. 4.1.3.14).

26) Общая оптимизация энергоэффективности установки и утилизации энергии, с учетом технико-экономической осуществимости (с особым акцентом на высокие коррозионные свойства дымовых газов, что является результатом сжигания различных видов отходов, например, хлорированных отходов) и наличия пользователей утилизируемой энергии, как описано в 1.3.1, и, в общем, состоит:

а) в снижении потерь энергии с дымовыми газами, при использовании сочетания способов, описанных в 4.1.3.2 и 4.1.3.5

б) в использовании котла-утилизатора для передачи энергии дымовых газов для производства электроэнергии и (или) поставки пара/тепла с КПД преобразования тепловой энергии:

i) для смешанных ТБО, по крайней мере, 80%

ii) для предварительно подогретых ТБО (или подобным им отходам), обезвреживаемых в устройствах с кипящим слоем, от 80 до 90%

ii) для опасных отходов, вызывающих рост рисков коррозии котла-утилизатора (обычно вследствие содержания хлора/серы) выше 60-70%

iv) для других отходов этот КПД должен обычно находиться в диапазо-

не 60-90%

с) в процессах газификации и пиролиза, которые комбинируются со стадией последующего сжигания, используется котел-утилизатор с КПД преобразования тепловой энергии, по крайней мере, 80% или использование газового двигателя, либо другой технологии генерации электроэнергии.

27) Обеспечение, когда это реально, долговременных контрактов на поставку тепловой энергии/пара при базовой нагрузке для крупных потребителей тепловой энергии/пара (см. 4.1.3.1), для того чтобы существовал более постоянный спрос на утилизируемую энергию, и, поэтому, можно использовать большую долю энергетической ценности сжигаемых отходов.

28) Размещение новых установок таким образом, чтобы можно было в максимальной степени использовать тепловую энергию и (или) пар, генерируемый в котле-утилизаторе, с помощью любого сочетания:

а) генерации электроэнергии с поставкой тепловой энергии или пара для использования (т.е. использование комбинированного производства тепловой и электрической энергии)

б) поставки тепловой энергии или пара для использования в распределительных сетях районного теплоснабжения

с) поставки технологического пара для различных, главным образом, промышленных использований (см. примеры в 4.1.3.18)

д) поставки тепловой энергии или пара для использования для использования в качестве движущей силы для систем охлаждения/кондиционирования воздуха.

29) В случаях, когда генерируется электроэнергия, оптимизация параметров пара (согласно требованиям потребителя для любой производимой тепловой энергии и пара), включая рассмотрение (см. 4.1.3.8):

а) использования пара высоких параметров для повышения генерации электроэнергии;

б) защиты материалов котла-утилизатора с использованием подходящих стойких материалов (например, покрытия или специальные материалы для котельных труб).

Оптимальные параметры для промышленной установки в значительной степени будут зависеть от коррозионной активности дымовых газов, и, следовательно, от состава отходов.

30) Выбор турбины, подходящей для:

а) режима поставки электрической и тепловой энергии, как описано в 4.1.3.7

б) высокого электрического КПД.

31) На новых или модернизированных установках, где генерация электроэнергии является приоритетной по отношению к тепловой энергии, следует минимизировать давление в конденсаторе.

32) Общая минимизация полного спроса на энергию установки, включая рассмотрение следующих аспектов (см. 4.1.3.6):

а) для требуемых уровней эксплуатационных показателей выбор технологий с пониженным общим потреблением энергии, отдавая предпочтение технологиям с повышенным потреблением энергии

б) при наличии возможности заказ систем очистки дымовых газов таким образом, чтобы предотвращался подогрев дымовых газов (т.е. систем с максимальной рабочей температурой по отношению к системам с более низкими рабочими температурами)

с) при использовании СКВ:

i) применять теплообменники для подогрева СКВ на входе дымового газа с энергией дымовых газов на выходе СКВ

ii) обычно выбирать систему СКВ таким образом, чтобы для требуемого уровня эксплуатационных показателей (включая при возникновении неисправностей и снижении эффективности) была более низкая рабочая температура

д) когда необходим подогрев дымовых газов, использование теплообменных систем для минимизации потребности в энергии на подогрев дымовых газов

е) предотвращение использования первичных топлив с помощью использования энергии собственного производства, которым отдается предпочтение по отношению к заимствованной энергии.

33) Когда требуются системы охлаждения, выбор технического варианта системы охлаждения конденсатора пара, который лучше всего подходит к условиям местной окружающей среды, с учетом потенциальных воздействий между различными средами, как описано в 4.1.3.10.

34) Использование сочетание подключенного и автономного способов очистки котла-утилизатора для снижения времени пребывания пыли и ее накопления в котле, как описано в 4.1.3.19

35) Использование общей системы очистки дымовых газов, которая при подключении ко всей установке обычно обеспечивает рабочие уровни выбросов, перечисленные в табл. 4.2.2 для выбросов в воздух, связанных с использованием НДТ.

**Таблица 4.2.2 РАБОЧИЕ УРОВНИ ВЫБРОСОВ, СВЯЗАННЫЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НДТ ДЛЯ ВЫБРОСОВ В ВОЗДУХ ОТ УСТАНОВОК ДЛЯ СЖИГАНИЯ ОТХОДОВ**

Вещества	Пробы с перерывами	Получасовые средние	Среднесуточные	Комментарии
Общая пыль		1-20 (см. комбинированный режим 2)	1-5	В общем, использование рукавных фильтров дает более низкие уровни в этих диапазонах выбросов. Очень важно эффективное обслуживание систем пылеудаления. Необходимо повышать потребление энергии при снижении средних выбросов. Регулирование выбросов пыли обычно приводит и к снижению выбросов металлов

Вещества	Пробы с перерывами	Получасовые средние	Среднесуточные	Комментарии
Хлорид водорода (HCl)		1-50	1-8	Контроль отходов, дозирование и смешение могут снизить колебания в концентрациях неочищенного газа, что может вызвать повышенные кратковременные выбросы. Системы мокрой газоочистки обычно обладают максимальной абсорбционной способностью и дают минимальные уровни выбросов для этих веществ, но обычно являются более дорогими. См. табл. 4.2.3 для анализа критериев при выборе между основными системами газоочистки, включая воздействия между средами
Фторид водорода (HF)		<2 (см. комб. реж. 2)	<1	
Диоксид серы (SO <sub>2</sub> )		1-150 (см. комб. реж. 2)	1-40 (см. комб. реж. 2)	
Моноксид азота (NO) и диоксид азота (NO <sub>2</sub> ), выраженные как диоксид азота для установок, использующих СКВ		0-300 (см. комб. реж. 2)	40-100 (см. комб. реж. 2)	Способы контроля отходов и сжигания в сочетании с СКВ обычно обеспечивают работу в этом диапазоне выбросов. Использование СКВ вызывает дополнительную потребность в энергии и затраты. В общем, на более крупных установках использование СКВ связано с менее значительными дополнительными издержками на тонну обезвреживаемых отходов. Повышенное содержание азота в отходах приводит к росту концентраций NO <sub>x</sub> в неочищенном газе
Моноксид азота (NO) и диоксид азота (NO <sub>2</sub> ), выраженные как диоксид азота для установок, не использующих СКВ		30-350	120-180	Способы контроля отходов и сжигания в сочетании с СНКВ обычно обеспечивают работу в этом диапазоне выбросов. Для среднесуточных значений ниже этого диапазона обычно требуется СКВ, хотя уровни ниже 70 мг/нм <sup>3</sup> были достигнуты с использованием СНКВ, например, когда концентрации NO <sub>x</sub> в неочищенном газе низкие и (или) при использовании высоких доз реагентов. Когда используются высокие дозы внесения реагента СНКВ, образующееся количество NH <sub>3</sub> можно контролировать с использованием мокрой газоочистки с соответствующими мерами для обработки образующимися аммонийными сточными водами. Повышенное содержание азота в отходах приводит к росту концентраций NO <sub>x</sub> в неочищенном газе (см. также примечание 8 ниже в отношении небольших установок)
Газообразные и парообразные органические вещества, выраженные как содержание органического углерода		1-20	1-10	Технологии, которые улучшают условия сжигания, снижают выбросы этих веществ. Обычно концентрации выбросов не находятся под сильным влиянием газоочистки. Уровни СО могут быть более высокими в течение пуска и останова, а в случае новых котлов-утилизаторов, на которых еще не установлен нормальный режим работы, уровень бывает повышенным
Моноксид углерода (CO)		5-100	5-30	

Вещества	Пробы с перерывами	Получасовые средние	Среднесуточные	Комментарии
Ртуть и ее соединения (как Hg)	<0,05 (см. комб. реж. 2)	0,001-0,03	,001-0,02	Обычно требуется адсорбция с использованием реагентов на основе углерода для достижения этих уровней выбросов со многими видами отходов – так как металлическая ртуть труднее удаляется, чем ионная ртуть. Точные способы и характеристики очистки, которые требуются, зависят от уровней и распределения ртути в отходе. В некоторых потоках отходов имеются очень высокие и переменные концентрации ртути, и может потребоваться предварительная обработка отходов в таких случаях для предотвращения пиковой перегрузки системы газоочистки. В соответствии с Директивой 2000/76/ЕС непрерывный мониторинг ртути <u>не</u> требуется, но он проводится некоторыми государствами-членами
Общий кадмий и таллий (и их соединения, выраженные как металлы)	0,005-0,05 (см. комб. реж. 2)			См. комментарии для ртути. Более высокая летучесть этих металлов, чем ртути означает, что методы контроля пыли и других металлов являются более эффективными при борьбе с выбросами этих веществ, чем в случае ртути
Σ других металлов	0,005-0,5			Технологии, которые применяются для обеспыливания, обычно годятся и для этих металлов
Диоксины и фураны (нг TEQ/нм <sup>3</sup> )	0,01-0,1 (см. комб. реж. 2)			Технологии сжигания приводят к деструкции PCDD/F в отходах. Специальная конструкция и контроль температуры снижают вторичный синтез диоксинов и фуранов. В дополнение к таким мерам способы подавления с использованием абсорбентов на основе углерода, позволяют снизить конечные выбросы до указанного диапазона. Повышенные уровни дозирования углеродного абсорбента может снизить уровень выбросов в воздух ниже 0,001, но результатом являются повышенное потребление и отходы
<b>Вещества, не включенные в Директиву 2000/76/ЕС по сжиганию отходов:</b>				
Аммиак (NH <sub>3</sub> )	<10	1-10	<10 (см. комб. реж. 2)	Системы с эффективным контролем снижения выбросов NO <sub>x</sub> , включая дозирование реагентов, способствуют снижению выбросов NH <sub>3</sub> . Мокрый скруббер абсорбирует NH <sub>3</sub> и передает его в поток сточных вод
Бенз(а)пирен	Для этих веществ не имеется достаточного количества данных, чтобы сделать четкое заключение о НДТ для уровней выбросов. Однако данные, представленные в работе, указывают, что уровни выбросов этих веществ обычно низкие. PCBs, PAHs и бенз(а)пирен могут контролироваться с использованием технологий, применяемых для PCDD/F. Уровни N <sub>2</sub> O определялись при технологии сжигания и оптимизации и оптимизации СНКВ с использованием мочевины			Способы, которые используются для контроля PCDD/F, позволяют также контролировать бенз(а)пирен, PCBs и PAHs
PCBs				Эффективное окислительное сжигание и системы контроля подавления выбросов NO <sub>x</sub> содействуют снижению выбросов N <sub>2</sub> O. Более высокие уровни можно наблюдать в установках с кипящим слоем, работающих при более низких температурах, например, ниже 900°C
PAHs				
Закись азота (N <sub>2</sub> O)				

Примечание:

1. Диапазоны, приведенные в этой таблице, представляют собой уровни при рабочих показателях установок, которые обычно можно ожидать в результате применения НДТ – они не являются имеющими обязательную силу ПДВ
2.  $\Sigma$  других металлов = сумма Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V и их соединений, выраженных как металлы
3. Измерения с перерывами являются усредненными в течение периода отбора проб от 30 мин до 8 ч. Периоды отбора проб обычно для таких измерений составляют 4-8 ч
4. Данные стандартизованы при 11% кислорода, сухом газе, 273 К и 101,3 кПа
5. Диоксины и фураны рассчитываются с использованием коэффициентов эквивалентности согласно ЕС/2000/76
6. При сравнении показателей в отношении этих диапазонов, во всех случаях необходимо учитывать следующее: доверительные интервалы, связанные с проведенными определениями: относительная ошибка таких определений возрастает по мере снижения измеренных концентраций в сторону более низких уровней определения
7. Рабочие данные, подкрепляющие вышеупомянутые диапазоны НДТ, были получены в соответствии с принятыми недавно приемами надлежащего мониторинга, требующими измерительного оборудования с инструментальной шкалой 0-3 ПДВ (предельные значения выбросов Рамочной директивы по отходам 2000/76/ЕС). Для параметров со структурой выбросов очень низкими базовыми значениями в сочетании с пиковыми выбросами в течение коротких периодов особое внимание следует обращать на инструментальную шкалу. Например, при изменении инструментальной шкалы для измерения СО от тройного ПДВ до значения в 10 раз большего, как сообщалось в некоторых случаях, происходил рост измеренных значений в 2-3 раза. Это необходимо учитывать при интерпретировании этой таблицы.
8. Одно государство-член сообщало о том, что в некоторых случаях приходилось сталкиваться с техническими трудностями, когда проводилась модернизация системы СНКВ для существующих небольших мусоросжигательных установок, и что экономическая эффективность (т.е. снижение  $\text{NO}_x$  на единицу затрат) системы подавления выбросов  $\text{NO}_x$  (например, СНКВ) ниже на небольших установках (т.е. на установках для сжигания ТБО <6 тонн/ч).

## Комбинированные режимы:

**1) НДТ 35:** На основе своих данных о показателях существующих установок некоторые государства-члены и экологические НПО выразили комбинированный режим, при котором в течение 24 ч диапазон выбросов  $\text{NH}_3$ , связанных с использованием НДТ, должен быть <5 мг/нм<sup>3</sup> (вместо <10 мг/нм<sup>3</sup>)

**2) НДТ 35:** Одно государство-член и экологическая НПО выразили комбинированный режим в отношении диапазонов НДТ в табл. 4.2.2 (воздух). Эти комбинированные режимы были основаны на их данных о показателях ряда существующих установок и их интерпретации данных, представленных Тематической рабочей группы, а также на тех данных, которые включены в Справочный документ НДТ. Конечным результатом встречи Тематической рабочей группы были диапазоны, представленные в табл. 4.2.2, но со следующими зарегистрированными комбинированными режимами: общая пыль усредненная за полчаса 1-10 мг/нм<sup>3</sup>;  $\text{NO}_x$  (как  $\text{NO}_2$ ) с использованием СКВ (среднее за полчаса) 30-200 и среднее за сутки 30-100 мг/нм<sup>3</sup>; ртуть и ее соединения (как Hg) при измерениях с перерывами 0,001-0,3 мг/нм<sup>3</sup>; общий Cd + Tl при измерениях с перерывами 0,005-0,03 мг/нм<sup>3</sup>; диоксины и фураны измерениях с перерывами 0,01-0,05 нг ТЕQ/нм<sup>3</sup>. На основе того же самого обоснования экологическая НПО также зарегистрировала следующие комбинированные режимы: HF (среднее за полчаса) <1 мг/нм<sup>3</sup>;  $\text{SO}_2$  (среднее за полчаса) 1-50 мг/нм<sup>3</sup> и среднее за 24 ч 1-25 мг/нм<sup>3</sup>.

- 36) При выборе общей системы очистки дымовых газов учитывают:
- а) общие факторы, описанные в 4.1.4.1.1 и 4.1.4.1.3
  - б) потенциальные воздействия на потребление энергии на установке, как описано в разделе 4.1.4.1.2
  - в) дополнительные общие проблемы совместимости системы, которые могут появиться при модернизации существующих установок (см. 4.1.4.1.4)
- 37) При выборе между мокрой и полусухой системами газоочистки учитывают (неисчерпывающие) общие критерии выбора, приведенные в качестве примера в табл. 4.2.3.

**Таблица 4.2.3 ПРИМЕР ОЦЕНКИ НЕКОТОРЫХ ВАЖНЫХ КРИТЕРИЕВ ДИРЕКТИВЫ СОВЕТА 96/61 ЕС ОТ 24 СЕНТЯБРЯ 1996 Г., КОТОРЫЕ МОЖНО УЧИТЫВАТЬ ПРИ ВЫБОРЕ МЕЖДУ ВАРИАНТАМИ МОКРОЙ И ПОЛУСУХОЙ ГАЗООЧИСТКИ**

Критерии	Мокрая система (W)	Полусухая система (SW)	Сухая система с известью (DL)	Сухая система с бикарбонатом (DS)	Комментарии
Показатели выбросов в воздух	+	0	-	0	<ul style="list-style-type: none"> <li>• в отношении HCl, HF, NH<sub>3</sub> и SO<sub>2</sub> мокрые системы обычно дают минимальные уровни выбросов в воздух</li> <li>• каждая система обычно сочетается с дополнительным оборудованием для обеспыливания и очистки от PCDD/F</li> <li>• системы DL могут достичь сходных уровней выбросов с DS и SW, но только с повышенным уровнем дозирования реагентов и соответствующим ростом образования остатков</li> </ul>
Образование остатков	+	0	-	0	<ul style="list-style-type: none"> <li>• образование остатков на тонну отходов обычно выше с системами DL и ниже с системами W с большей концентрацией загрязняющих веществ в остатках от систем W</li> <li>• возможна утилизация материалов из остатков с системами W с последующей очисткой стоков скруббера, и с системами DS</li> </ul>
Потребление воды	-	0	+	+	<ul style="list-style-type: none"> <li>• потребление воды обычно выше с системами W</li> <li>• в сухих системах используется мало воды, или она не используется</li> </ul>
Образование стоков	-	+	+	+	<ul style="list-style-type: none"> <li>• образующиеся стоки (если они не испаряются) в системах W требуют очистки и обычно сброса, когда можно найти соответствующее приемное устройство для соленых очищенных стоков (например, морская среда); сам по себе сброс не является значительным недостатком</li> <li>• сложным может оказаться удаление аммиака из стока</li> </ul>

Критерии	Мокрая система (W)	Полусухая система (SW)	Сухая система с известью (DL)	Сухая система с бикарбонатом (DS)	Комментарии
Потребление энергии	-	0	0	0	• потребление энергии выше с W системами вследствие потребности в насосе, и она дополнительно возрастает, когда (как обычно) они сочетаются с другими компонентами газоочистки, например, для удаления пыли
Потребление реагента	+	-	-	0	• обычно минимальное потребление реагентов у систем W • обычно максимальное потребление реагентов у систем DL, но оно может быть снижено при рециркуляции реагентов • системы SW, DL и DS могут быть выгодными при использовании мониторинга кислых неочищенных газов (см. 4.1.4.3.9)
Способность справиться с изменением загрязняющих веществ на входе	+	0	-	0	• системы W в наибольшей степени приспособлены в случае широкого диапазона и быстро изменяющихся на входе концентраций HCl, HF и SO <sub>2</sub> • системы DL обычно являются менее гибкими, хотя это можно улучшить при использовании мониторинга неочищенных кислых газов (см. 4.1.4.3.9)
Видимость шлейфа загрязнений	-	0	+	+	• видимость шлейфа загрязнений обычно выше у мокрых систем (если только не принимаются специальные меры) • сухие системы обычно имеют минимальную видимость шлейфа загрязнений
Сложность процесса	Максимальная	Средняя	Минимальная	Минимальная	• системы W сами по себе являются довольно простыми, но требуются другие компоненты технологического процесса для обеспечения работы всей системы газоочистки, включая установку для очистки сточных вод и т.д.
Капитальные затраты	Обычно выше	средние	Обычно ниже	Обычно ниже	• дополнительные затраты для мокрых систем связаны с дополнительными затратами на дополнительные компоненты газоочистки и вспомогательное оборудование, наиболее значительные для малых установок

Критерии	Мокрая система (W)	Полусухая система (SW)	Сухая система с известью (DL)	Сухая система с бикарбонатом (DS)	Комментарии
Эксплуатационные затраты	средние	Обычно ниже	средние	Обычно ниже	<ul style="list-style-type: none"> <li>• не имеются дополнительные эксплуатационные затраты на очистку стоков для W систем, наиболее значительные затраты на малых установках</li> <li>• выше затраты на размещение остатков, когда образуется больше остатков и потребляется больше реагентов. W системы обычно работают с минимальным количеством реагентов, и, поэтому, могут иметь ниже затраты на размещение реагентов</li> <li>• эксплуатационные затраты включают расходные материалы, затраты на размещение и обслуживание. Они зависят в значительной степени от местных ц расходовные материалы и размещение остатков</li> </ul>

Примечание: + означает, что использование технологии обычно дает преимущество в отношении оценки рассматриваемого критерия; 0 означает, что способ обычно не связан со значительными преимуществами или недостатками в отношении оценки рассматриваемого критерия; - означает, что использование технологии обычно связано с недостатками в отношении оценки рассматриваемого критерия.

38) Для предотвращения сопутствующего повышенного потребления электроэнергии (если только не имеется местного специфического фактора) избегают использования двух рукавных фильтров на одной линии газоочистки (как описано в 4.1.4.2.2 и 4.1.4.2.3).

39) Снижение потребления реагентов в системе газоочистки и образования остатков от газоочистки в сухой, полусухой и промежуточной системах газоочистки с помощью подходящего сочетания:

а) корректировки и контроля количества инжектируемых реагентов, для того чтобы соответствовать требованиям для очистки дымовых газов таким образом, чтобы была выполнена цель конечных рабочих выбросов

б) использования сигнала, поступающего от датчиков быстрого реагирования, расположенных выше и ниже по потоку дымовых газов, контролирующих уровни HCl или SO<sub>2</sub> (или других параметров, которые могут оказаться полезными для этой цели) для оптимизации уровней дозирования реагентов в системе газоочистки, как описано в 4.1.4.3.9

с) рециркуляции части собранных остатков дымовых газов, как описано в 4.1.4.3.9

Применимость и степень использования упомянутых технологий, которые представляют НДТ, будет меняться, в соответствии, в частности: с характеристиками отходов и соответствующих особенностей дымовых газов, конечным требуемым уровнем выбросов и техническим опытом, наработанным при их практическом использовании на установке.

40) Использование первичных (относящихся к сжиганию) мер по снижению образования  $\text{NO}_x$  вместе либо с СКВ (4.1.4.4.1) либо СНКВ (4.1.4.4.2), в соответствии с требуемой эффективностью снижения их концентрации в дымовых газах. В общем, СКВ рассматривается как НДТ, когда требуется более высокая степень эффективности очистки от  $\text{NO}_x$  (т.е. при высоких уровнях  $\text{NO}_x$  в неочищенных газах) и когда желательными являются низкие конечные концентрации  $\text{NO}_x$  в выбросах дымовых газов.

Одно государство-член сообщало, что в некоторых случаях встречались технические трудности, когда проводили модернизацию систем СНКВ на существующих мусоросжигательных установках небольшой производительности, и что экономическая эффективность (т.е. снижение уровня выбросов  $\text{NO}_x$  на единицу затрат) подавления выбросов  $\text{NO}_x$  (например, СНКВ) ниже на больших установках для сжигания отходов (т.е. с производительностью < 6 т отходов/ч).

41) Для снижения общих выбросов PCDD/F во все компоненты окружающей среды рекомендуется использование:

а) способов для повышения уровня знаний и контроля отходов, включая в частности характеристики их сжигания, использование подходящего выбора способов, описанных в 4.1.1

б) первичных (относящихся к сжиганию) способов (подытоженных в 4.1.4.5.1) деструкции PCDD/F в отходах и возможных прекурсоров PCDD/F

в) конструкций установок и средств эксплуатационного контроля, которые позволяют избежать условий (см. 4.1.4.5.2), которые могут привести к росту вторичного образования PCDD/F или первичного образования, в частности предотвращать снижение уровней образования пыли в температурном диапазоне 250-400°C. Сообщалось о некотором дополнительном снижении вторичного синтеза PCDD/F, когда рабочая температура для снижения уровней образования пыли была дополнительно снижена с 250 до 200°C (и ниже)

д) подходящего сочетания одной или более следующих дополнительных мер подавления PCDD/F:

i) адсорбции с помощью инъекции активированного углерода или других реагентов при соответствующем уровне дозы реагента, с использованием рукавных фильтров, как описано в 4.1.4.5.6

ii) адсорбции с использованием неподвижных слоев с соответствующим уровнем повторного наполнения адсорбента, как описано в 4.1.4.5.7

iii) многослойный процесс СКВ, с соответствующим размером слоев для обеспечения контроля PCDD/F, как описано в 4.1.4.5.3

iv) использование каталитических рукавных фильтров (но только, когда обеспечены другие положения для эффективного контроля металлической и элементарной ртути), как описано в 4.1.4.5.4

42) Когда используются мокрые скрубберы, проводится оценка накопления PCDD/F (эффект памяти) в скруббере и принимаются надлежащие меры для борьбы с этим накоплением и предотвращением проскока их через скруббер.

Особое внимание следует уделять возможности эффекта памяти в течение периодов пуска и останова.

43) Если применяется дожигание остатков от газоочистки, должны использоваться соответствующие меры для предотвращения рециркуляции и накопления ртути в установке.

44) Для контроля выбросов ртути, когда применяются мокрые скрубберы как единственное или основное эффективное средство контроля выбросов ртути:

а) используется первая стадия с низким рН, с добавкой специальных реагентов для удаления ионной ртути (как описано в 4.1.4.6.1, 4.1.4.6.6 и 4.1.4.6.5), в сочетании со следующими дополнительными мерами для подавления металлической (элементарной) ртути, как требуется, для того чтобы снизить конечные выбросы в воздух до диапазонов выбросов НДТ, приведенных для общей ртути

б) инъекция активированного угля, как описано в 4.1.4.6.2 или

с) активированный уголь или кокосовые фильтры, как описано в 4.1.4.6.7

45) Для контроля выбросов ртути, когда применяется полусухая или сухая система газоочистки, используется активированный уголь или другие эффективные адсорбирующие реагенты для адсорбции PCDD/F и ртути, как описано в 4.1.4.6.2, с контролем уровня дозы реагента таким образом, чтобы конечные выбросы в воздух находились в диапазоне выбросов НДТ, приведенном для ртути

46) Общая оптимизация рециркуляции и повторного использования сточных вод, образующихся на участке с установкой, как описано в 4.1.5.8, включая, например, при условии надлежащего качества использование дренажного стока котла-утилизатора в качестве источника водоснабжения для мокрого скруббера, для того чтобы снизить потребление воды скруббером путем замены питательной воды для него (см. 4.1.5.6)

47) Использование отдельных систем для дренажа, очистки и сброса дождевой воды, которая выпадает на участке, включая воду с крыш с тем, чтобы она не смешивалась с потенциально или реально загрязненными потоками сточных вод, как описано в 4.1.5.9. Для некоторых таких потоков сточных вод может потребоваться только небольшая очистка (или ее отсутствие) перед их сбросом, в зависимости от риска загрязнения и местных факторов сброса

48) Когда применяется мокрая очистка дымовых газов:

а) используется физико-химическая очистка по месту стоков скруббера перед их сбросом с участка, как описано в 4.1.5.11, и, тем самым, достижение в месте сброса с установки для очистки стоков уровней сбросов, обычно находящихся в уровне рабочих диапазонов, связанных с НДТ, как идентифицировано в табл. 4.2.4

б) раздельная очистка потоков кислых и щелочных сточных вод, образующихся на стадиях скруббера, как описано в 4.1.5.13, когда имеются определенные факторы для дополнительного снижения сбросов в воду и (или) когда осуществляется утилизация HCl и (или) гипса

с) рециркуляция стока мокрого скруббера в системе газоочистки и исполь-

зование электропроводности рециркулируемой воды как меры контроля с тем, чтобы снизить потребление воды скруббером путем замены питательной воды скруббера, как описано в 4.1.5.4

d) обеспечение емкостей для хранения/буферных емкостей для стоков скруббера для проведения более устойчивого процесса очистки сточных вод, как описано в 4.1.5.10

e) использование сульфидов (например, тримеркапто-S-триамина) или других связующих ртуть веществ для снижения концентрации ртути (и других тяжелых металлов) в конечном стоке, как описано в 4.1.5.11

f) при использовании СНКВ с системой мокрой очистки уровни аммиака в сбрасываемых стоках можно снизить при использовании отгонки аммиака, как описано в 4.1.5.12, и утилизировать аммиак с помощью его рециркуляции для использования в качестве реагента для снижения выбросов  $\text{NO}_x$ .

**Таблица 4.2.4 НДТ, СВЯЗАННЫЕ С РАБОЧИМИ УРОВНЯМИ ВЫБРОСОВ ДЛЯ СБРОСОВ СТОЧНЫХ ВОД ОТ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОКОВ, ПРИНИМАЮЩЕЙ СТОКИ С СИСТЕМЫ ГАЗООЧИСТКИ**

Параметр	Диапазон НДТ в мг/л (если не указано иное)	Отбор проб и данные информации
Общее количество взвешенных частиц, как определено Директивой 91/271/ЕЕС	10-30 (95%) 10-45 (100%)	• на основе суточного отбора проб или пробы, отбираемой пропорционально расходу за 24 ч
Химическая потребность в кислороде	50-250	• на основе суточного отбора проб или пробы, отбираемой пропорционально расходу за 24 ч
pH	pH 6,5 - 11	• непрерывное измерение
Ртуть и ее соединения, выраженные как Hg	0,001-0,03 (см. комб. реж. 1)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• на основе ежемесячных измерений пропорционально расходу представительной пробы на сбросе в течение периода в 24 ч с одним измерением в год, превышающим приведенные значения, или не более чем 5%, когда в год оценивается 20 проб</li> <li>• имеется несколько позитивных опытов с непрерывным мониторингом ртути</li> <li>• общие уровни хрома ниже 0,2 мг/л предусмотрены для контроля шестивалентного хрома</li> <li>• Sb, Mn, V и Sn не включены в Директиву 2000/76/ЕС</li> </ul>
Кадмий и его соединения, выраженные как Cd	0,01-0,05 (см. комб. реж. 1 и 2)	
Таллий и его соединения, выраженные как Tl	0,01-0,05 (см. комб. реж. 2)	
Мышьяк и его соединения, выраженные как As	0,01-0,15 (см. комб. реж. 1)	
Свинец и его соединения, выраженные как Pb	0,01-0,1	
Хром и его соединения, выраженные как Cr	0,01-0,5 (см. комб. реж. 2)	
Медь и ее соединения, выраженные как Cu	0,01-0,5 (см. комб. реж. 2)	
Никель и его соединения, выраженные как Ni	0,01-0,5 (см. комб. реж. 2)	
Цинк и его соединения, выраженные как Zn	0,01-1,0 (см. комб. реж. 2)	
Сурьма и ее соединения, выраженные как Sb	0,005-0,85 (см. комб. реж. 1)	
Кобальт и его соединения, выраженные как Co	0,005-0,05	

Параметр	Диапазон НДТ в мг/л (если не указано иное)	Отбор проб и данные информации
Марганец и его соединения, выраженные как Mn	0,02-0,2	• на основе ежемесячных измерений пропорционально расходу представительной пробы на сбросе в течение периода в 24 ч с одним измерением в год, превышающим приведенные значения, или не более чем 5%, когда в год оценивается 20 проб
Ванадий и его соединения, выраженные как V	0,03-0,5 (см. комб. реж. 1)	• имеется несколько позитивных опытов с непрерывным мониторингом ртути
Олово и его соединения, выраженные как Sn	0,02-0,5	• общие уровни хрома ниже 0,2 мг/л предусмотрены для контроля шестивалентного хрома • Sb, Mn, V и Sn не включены в Директиву 2000/76/EC
PCDD/F (TEQ)	0,01-0,1 нг ТЕQ/л (см. комб. реж. 1 и 2)	• среднее за 6 месяцев измерений пропорционально расходу представительной пробы на сбросе в течение периода 24 ч

Примечание:

1. Значения выражены в концентрациях по массе для неотфильтрованных проб
2. Величины относятся к сбросу очищенных стоков скруббера без разбавления
3. Диапазоны НДТ не те же самые, что для ПДВ – см. комментарии во введении к Главе 4.2
4. pH – один важный параметр для контроля за процессом очистки сточных вод
5. Уровни достоверности снижаются при снижении измеренных концентраций до уровней определения

## Комбинированные режимы:

**1) НДТ 48:** Одно государство-член и экологическая НПО выражали комбинированные режимы по отношению к диапазонам НДТ в табл. 4.2.4 (вода). Эти комбинированные режимы были основаны на их знаниях показаний для ряда существующих установок и их интерпретации данных, представленных Тематической рабочей группой, и они также включены в этот документ Справочный документ НДТ. Конечным результатом встречи Тематической рабочей группы стали диапазоны, приведенные в табл. 4.2.4, но со следующими зарегистрированными комбинированными режимами: Hg 0,001-0,01 мг/л; Cd 0,001-0,05 мг/л; As 0,003-0,05 мг/л; Sb 0,005-0,1 мг/л; V 0,01-0,1 мг/л; PCDD/F <0,01-0,1 нг ТЕQ/л.

**2) НДТ 48:** На основе того же самого обоснования экологическая НПО также зарегистрировала следующие комбинированные режимы: Cd 0,001-0,02 мг/л; Tl 0,001-0,03 мг/л; Cr 0,003-0,02 мг/л; Cu 0,003-0,3 мг/л; Ni 0,003-0,2 мг/л; Zn 0,01-0,05 мг/л; PCDD/F <0,01 нг ТЕQ/л.

49) Использование подходящего сочетания технологий и принципов, описанных в 4.1.6.1, для повышения выгорания отходов до степени, которая требуется, для того чтобы достичь величины содержания углерода в зольном остатке ниже 3 вес.%, а обычно ниже 1-2 вес.%, включая в частности:

(а) использование сочетания конструкции печи (см. выбор технологии сжигания в 4.1.2.1), работы печи (см. 4.1.2.17) и производительности сжи-

гания отходов (см. 4.1.2.18), которое обеспечивает достаточное перемешивание и время пребывания отходов в печи при достаточно высоких температурах, включая любые места выгорания золы

(b) использование конструкции печи, которая насколько возможно физически оставляет отходы в камере горения (например, небольшое расстояние между колосниковыми решетками, вращающиеся или стационарные печи для ощутимо жидких отходов) для возможности их сжигания. Ранний возврат отсева с колосниковых решеток в камеру сгорания для повторного обжига может стать средством для повышения полного сгорания отходов, когда это вносит значительный вклад в дожигание (см. 4.1.2.21)

(c) использование технологий для смешивания и предварительной обработки отходов, как описано в НДТ 11, согласно типам отходов, принимаемых на установку

(d) оптимизация и контроль условий сжигания, включая подачу воздуха (кислорода) и его распределение, как описано в НДТ 18.

50) Раздельное управление шлаком и летучей золой и другими остатками газоочистки, для того чтобы избежать загрязнения шлака, и, тем самым, повысить возможность утилизации шлака, как описано в 4.1.6.2. Котельная зола может обнаруживать сходные или очень различающиеся уровни загрязнения по сравнению со шлаком (в соответствии с местными эксплуатационными, конструктивными особенностями или характеристикой отходов) – поэтому нужны НДТ также и для оценки уровней загрязнений котельной золы и для оценки того, стоит ли ее отделять или смешивать со шлаком. НДТ нужны для оценки каждого отдельного потока твердых отходов, так как это повышает возможность их утилизации либо отдельно, либо в сочетании.

51) Когда используется стадия предварительного пылеудаления (см. 4.1.6.3 и 4.1.4.2.1), должна проводиться оценка собранной летучей золы для определения того, можно ли ее утилизировать, либо непосредственно, либо после переработки, вместо размещения

52) Сепарация остающихся черных и цветных металлов из шлака (см. 4.1.6.4), насколько это практически и экономически целесообразно, для их утилизации.

53) Переработка шлака (либо по месту, либо за пределами участка) с помощью подходящего сочетания:

а) переработки сухого шлака с выдержкой или без выдержки, как описано в 4.1.6.6 и 4.1.6.7

б) переработки влажного шлака с выдержкой или без выдержки, как описано в 4.1.6.6 и 4.1.6.8

с) термической переработки, как описано в 4.1.6.9 (для раздельной переработки) и 4.1.6.10 (для термической переработки в ходе процесса)

д) грохочения и дробления (см. 4.1.6.5)

54) Переработка остатков газоочистки (либо по месту, либо за пределами участка) до степени, необходимой для соблюдения требований к приемке

для варианта обращения с отходами, выбранного для них, включая соображения об использовании способов переработки остатков газоочистки, описанных в 4.1.6.1

55) Выполнение мер по снижению уровня шума для соответствия местным требованиям по шуму (способы, описанные в 4.1.7)

56) Применение экологического менеджмента. Ряд способов экологического менеджмента определен как НДТ. Область действия (например, уровень подробностей) и характер системы экологического менеджмента (EMS) (например, стандартизованная или не стандартизованная) обычно должна относиться к характеру, масштабу и сложности установки и диапазону воздействий на окружающую среду.

НДТ выполняются и следуют принципам Системы экологического менеджмента, которая встраивается соответствующим образом к индивидуальным обстоятельства, в следующие компоненты (см. Главу 4.1.8):

- определение экологической политики для установки высшим руководством (обязательства высшего руководства рассматриваются как предварительное условие успешного применения других элементов EMS)
- планирование и установление необходимых процедур
- выполнение процедур, обращая внимание на:
  - структуру и ответственность
  - обучение, информированность и полномочия
  - коммуникацию
  - участие работников
  - ведение документации
  - эффективный контроль процесса
  - программу обслуживания
  - готовность и реагирование на чрезвычайные ситуации
  - гарантированное соблюдение природоохранного законодательства
- проверка функционирования и принятие корректирующих действий, обращая особое внимание на:
  - мониторинг и измерения (см. также Справочный документ по мониторингу выбросов)
  - корректирующие и предупредительные действия
  - ведение регистрации
  - независимый (при возможности) внутренний аудит, для того чтобы определить, соответствует или не соответствует система экологического менеджмента запланированным распоряжениям и выполняет ли она должным образом
- проверку высшим руководством.

Три дополнительных компонента, которые могут дополнять упомянутый поэтапный подход, рассматриваются как поддерживающие меры. Однако их отсутствие обычно несовместимо с НДТ. Этими тремя дополнительными элементами являются:

- наличие аккредитованного органа сертификации или внешнего проверяющего EMS, который проверяет и подтверждает функционирование системы менеджмента и осуществляет процедуру аудита

- подготовка и публикация (и возможно внешнее подтверждение) регулярный отчет о состоянии окружающей среды, описывающий все значительные воздействия на окружающую среду различных аспектов работы установки, позволяющий проводить ежегодные сравнения соблюдения природоохранных целей и заданий, а также критериев сектора при необходимости

- выполнение и следование признанной на международном уровне добровольной системе, такой как EMAS (система природопользования и аудита окружающей среды), EN ISO 14001:1996. Такой добровольный шаг может придать большее доверие EMS. В особенности EMAS, которая включает в себя все вышеупомянутые компоненты, придает наибольшее доверие. Однако не стандартизированные системы могут, в принципе, обладать равной эффективностью при условии, что они надлежащим образом запланированы и реализуются.

При этом, для данного промышленного сектора важно рассмотреть следующие важные потенциальные компоненты EMS:

- рассмотрение воздействия на окружающую среду от окончательного прекращения эксплуатации установки на стадии проектирования новой установки

- рассмотрение разработки чистых технологий

- при возможности анализ сектора на основе эталонных показателей на регулярной основе, включая энергоэффективность и деятельность по экономии энергии, выбор поступающих материалов, выбросов в воздух, сбросов в водные объекты, потребления воды и образования отходов

- разработка и использование процедур для ввода в эксплуатацию стадий новых установок, обычно включая:

- предварительную подготовку подробной программы работ, описывающей программу ввода в эксплуатацию

- начальный сравнительный анализ требований к обучению для идентификации потребностей в обучении до сдачи в эксплуатацию

- потребности в охране здоровья и технике безопасности, которые соответствуют европейским и местным требованиям

- наличие достаточной и новейшей документации, относящейся к установке

- планирование предотвращения чрезвычайных событий и аварий, обычно включающее процедуры действий в случае:

- опасных пожаров

- крупных взрывов

- саботажа/применения взрывчатых веществ

- незаконного вторжения на участок

- серьезного ущерба/смерти работника/посетителя/подрядчика
  - дорожно-транспортного происшествия
  - воровства
  - экологического инцидента
  - аварии в энергосистеме
- когда ввод в эксплуатацию установки и период наладки могут привести к росту выбросов, превышающих возможности обычного автоматического регулирования.

Для всех установок для сжигания отходов, и в особенности для тех, которые принимают опасные отходы, программы обучения персонала считаются важной частью всех систем управления безопасностью, в особенности обучения:

- действиям для предотвращения взрыва и пожара
- действиям при тушении пожара
- приобретению знаний о химических рисках (маркировка, канцерогенные вещества, токсичность, коррозия, пожар) и транспортировании.

#### **4.2.2 Специальные НДТ для сжигания ТБО**

В дополнение к типичным мерам, приведенным в Разделе 4.2.1, НДТ для сжигания ТБО обычно рассматривается следующее:

57) Хранение всех отходов (за исключением отходов, специально подготовленных для хранения, или крупногабаритных предметов с низким потенциалом загрязнения, например, мебели) на герметизированной поверхности с контролируемым дренажом внутри покрытых и обнесенных стенами зданий.

58) Когда отходы накапливаются (обычно для последующего сжигания), их обычно следует пакетировать (см. Раздел 4.1.1.4.3) или иным образом готовить для такого хранения, для того чтобы их можно было хранить таким образом, чтобы осуществлялся эффективный контроль запахов, вредителей, мусора, пожаров и выщелачивания.

59) Предварительная подготовка отходов, для того чтобы повысить их однородность, и, тем самым, характеристики сжигания и полного сгорания с помощью:

- а) смешения в бункере (см. 4.1.5.1)
- б) использования измельчения или дробления для крупногабаритных отходов, например, мебели (см. 4.1.1.5.2), чтобы они сжигались до такой степени, чтобы это было благоприятно в соответствии с используемой системой сжигания. В общем, для установок с колосниковыми решетками и вращающимися печами (когда они используются) требуются меньшие уровни предварительной обработки (например, смешение отходов с дроблеными крупногабаритными отходами), в то время для систем с кипящим слоем требуется больший отбор отходов и их предварительная обработка, обычно включая полное измельчение ТБО.

60) Использование конструкции колосниковых решеток, которые объединяют достаточное охлаждение решеток таким образом, чтобы была возможность изменения подачи первичного воздуха для основной цели контроля горения, а не для охлаждения самих решеток. Воздухоохлаждаемые колосниковые решетки с хорошим распределением потока охлаждаемого воздуха обычно годятся для отходов со средней низшей теплотой сгорания до приблизительно 18 МДж/кг. Для отходов с более высокой низшей теплотой сгорания может потребоваться охлаждение водой (или другой жидкостью), для того чтобы предотвратить потребность в чрезмерных уровнях первичного воздуха (т.е. уровней, когда происходит большая подача воздуха, чем оптимально требуется для регулирования горения) для регулирования температуры решеток и длины/позиционирования огня на решетке (см раздел 4.1.2.14).

61) Размещение новых установок таким образом, чтобы использование комбинированное производство тепловой и электрической энергии и (или) использование тепла и (или) пара могло происходить в максимальной степени, таким образом, чтобы обычно превышался общий уровень удельного потребления энергии в 1,9 МВт/ч/т ТБО, на основе средней низшей теплоты сгорания в 2,9 МВт/ч/т отходов.

62) В ситуациях, когда можно получить меньше чем 1,9 МВт/ч/т ТБО (на основе средней низшей теплоты сгорания в 2,9 МВт/ч/т отходов):

а) генерация среднегодового количества 0,4-0,65 МВт/ч электроэнергии/т (на основе средней низшей теплоты сгорания в 2,9 МВт/ч/т отходов) перерабатываемых отходов, с дополнительной поставкой тепла/пара, насколько это целесообразно в местных обстоятельствах<sup>23</sup>;

б) генерация, по крайней мере, того же самого количества электроэнергии из отходов, ежегодное среднее потребление электроэнергии на всей установке, включая (когда используется) предварительную переработку отходов на участке и операции по переработке на участке остатков.

63) Снижение среднего потребления электроэнергии на установке (исключая предварительную переработку или переработку остатков) обычно до величины ниже 0,15 МВт/ч/т перерабатываемых отходов (см. раздел 4.1.3.6) на основе средней низшей теплоты сгорания в 2,9 МВт/ч/т отходов.

### **4.2.3 Специальные НДТ для предварительной обработки или сжигания некоторых видов ТБО**

В дополнение к типичным мерам, приведенным в разделе 4.2.1, для предварительной обработки или сжигания некоторых видов ТБО (включая топливо, полученное из ТБО) НДТ, в общем, рассматривается для:

64) Хранения отходов:

а) в закрытых бункерах

б) на герметичных поверхностях с контролируемым дренажом внутри покры-

<sup>23</sup> Непосредственное использование тепла/пара (экспорт и (или) потребление для собственных нужд) будет снижать генерацию электроэнергии, и, поэтому, служит для тепловой нагрузки, и это может означать, что генерация электроэнергии составит меньше, чем 0,4 МВт/ч/т отходов.

того и обнесенного станами здания.

65) Когда отходы накапливаются (обычно для последующего сжигания), их обычно следует упаковывать (см. раздел 4.1.1.4.3) или иным образом готовить для такого хранения с тем, чтобы их можно было хранить таким образом, чтобы эффективно контролировались риск образования запахов, появления вредителей, мусора, пожара и выщелачивания.

66) На новых и существующих установках генерация большего:

а) среднегодового количества, обычно, по крайней мере, 0,6-1,0 МВт/ч электроэнергии/т отходов (на основе средней низшей теплоты сгорания в 4,2 МВт/ч/т);

б) среднегодового потребления электроэнергии на всей установке, включая (когда используется) предварительную переработку отходов на участке и операции по переработке остатков на участке.

67) Размещение новой установки таким образом, чтобы:

а) так же, как и в случае генерации 0,6-1,0 МВт/ч/т электроэнергии, можно было утилизировать тепло и (или) пар для комбинированного производства тепловой и электрической энергии, для того чтобы, в общем, можно было достичь дополнительного уровня экспорта тепловой энергии на уровне 0,5 – 1,25 МВт/ч/т отходов (на основе средней низшей теплоты сгорания в 4,2 МВт/ч/т);

б) когда нет генерации электроэнергии, можно достичь экспорта тепловой энергии на уровне 3 МВт/ч/т отходов (на основе средней низшей теплоты сгорания в 4,2 МВт/ч/т).

68) Для снижения потребности установки в энергии и для достижения средней потребности установкой в электроэнергии (исключая предварительную обработку или переработку остатков) до обычно величины ниже 0,2 МВт/ч/т перерабатываемых отходов (см. раздел 4.1.3.6) на основе средней низшей теплоты сгорания в 4,2 МВт/ч/т отходов.

#### **4.2.4 Специальные НДТ для сжигания опасных отходов**

В дополнение к типичным мерам, приведенным в разделе 4.2.1, для сжигания опасных отходов НДТ обычно рассматривается с учетом следующего:

69) В дополнение к контролю качества, отраженному в НДТ 4, в устройстве для сжигания опасных отходов используются специализированные системы и процедуры, с использованием подхода на основе риска, в соответствии с источником отходов, в отношении маркировки, проверки, отбора проб и испытания отходов, которые должны храниться/перерабатываться (см. 4.1.1.3.4). Аналитические процедуры должен выполнять соответствующий квалифицированный персонал и использовать соответствующие процедуры. В общем, требуется оборудование для проверки:

- теплоты сгорания
- точки воспламенения
- PCBs
- галогенов (например, Cl, Br, F) и серы

- тяжелых металлов
- совместимости и химической активности отходов
- радиоактивности (если она еще не охвачена НДТ с помощью детекторов, установленных на входе установки).

Важными являются знания о процессе или происхождении отходов, так как некоторые характеристики опасности (например, токсичность или инфекционные свойства) трудно определить аналитически.

70) Смешивание, дозировка и предварительная обработка отходов, для того чтобы повысить их гомогенность, характеристики сжигания и дожигания до соответствующей степени с надлежащим учетом соображений безопасности. Примерами являются измельчение затаренных в бочки и упакованных опасных отходов, описанные в 4.1.1.5.3 и 4.1.1.5.6. Если проводится измельчение, затем должна проводиться обработка в инертной атмосфере.

71) Использование системы уравнивания подачи твердых опасных отходов (например, как описано в 4.1.1.5.4 или другая сходная технология подачи), для того чтобы улучшить характеристики сжигания подаваемых отходов и повысить стабильность состава дымовых газов, включая улучшенный контроль кратковременных пиковых выбросов СО.

72) Непосредственная инжекция жидких и газообразных опасных отходов, когда для этих отходов требуется определенное снижение воздействия, риска выделения запахов, как описано в 4.1.1.6.3

73) Использование конструкции камеры сжигания, которая предусматривает герметизацию, перемешивание и транспортирование отходов, например: вращающихся печей – с системой водоохлаждения или без нее. Водоохлаждение вращающихся печей (см. 4.1.2.15) может оказаться благоприятным в ситуациях, когда:

а) низшая теплота сгорания поступающих отходов является высокой (например, > 15-17 ГДж/т)

б) используются повышенные температуры, например, > 1100°C (например, для ошлаковывания золы или деструкции определенных отходов).

74) Для снижения потребления энергии установкой и, в общем, для достижения среднего потребления электроэнергии установкой (исключая предварительную обработку или обработку остатков) обычно ниже 0,3-0,5 МВт/ч/т перерабатываемых отходов (см. 4.1.3.6). Для небольших установок уровни потребления обычно находятся на верхнем конце этого диапазона. Погодные условия могут оказывать значительное воздействие из-за требований к нагреву и т.д.

75) Для установок сжигания опасных отходов, когда поступающие отходы отличаются высокой вариацией состава и источников, используют:

а) влажную газоочистку, как описано в 4.1.4.3.1, так как обычно НДТ предусматривает улучшенный контроль кратковременных выбросов в воздух.

б) специальные технологии для снижения выбросов элементарного йода и брома, как описано 4.1.4.7.1, когда такие вещества имеются в отходах в заметных концентрациях.

#### **4.2.5 Специальные НДТ для сжигания осадков сточных вод**

В дополнение к типичным мерам, приведенным в разделе 4.2.1, для сжигания осадков сточных вод НДТ обычно рассматривается с учетом следующего:

76) На установках, которые предназначены главным образом для сжигания осадков сточных вод, в качестве НДТ обычной технологией может быть кипящий слой вследствие повышенной эффективности сжигания и меньших объемов дымовых газов, что обычно характерно для таких систем. Здесь может быть риск засорения слоя для некоторых составов осадков сточных вод.

77) Сушка осадков сточных вод, предпочтительно с использованием утилизации тепла при сжигании в такой степени, чтобы обычно не требовалось дополнительного топлива для сжигания при нормальной эксплуатации установки (т.е. в этом случае нормальная эксплуатация исключает пуск, останов и случайное использование вспомогательных топлив для поддержания температуры горения).

#### **4.2.6 Специальные НДТ для сжигания медицинских отходов**

В дополнение к типичным мерам, приведенным в разделе 4.2.1, для сжигания медицинских отходов НДТ обычно рассматривается с учетом следующего:

78) Использование не ручной системы обращения и загрузки отходов.

79) Прием и хранение медицинских отходов в закрытых контейнерах, которые достаточно стойки к утечкам и проколам.

80) Промывка контейнеров для отходов, которые будут повторно использоваться, в специально предназначенном и сконструированном устройстве для промывки, с дезинфекцией при необходимости, и подачей любых накопленных твердых отходов в устройство для сжигания.

81) Когда используются колосниковые решетки, использование такой конструкции, которая позволяет достаточного охлаждения решеток таким образом, что изменение подачи первичного воздуха производилось для основной цели регулирования горения, а не для охлаждения самих решеток. Воздухоохлаждаемые решетки с хорошим распределением потока охлаждающего воздуха обычно годятся для отходов с низшей теплотой сгорания до приблизительно 18 МДж/кг. Для отходов с более высокой теплотой сгорания может потребоваться вода (или другая жидкость) для охлаждения, для того чтобы предотвратить необходимость в чрезмерных уровнях первичного воздуха для контроля температуры решеток, т.е. уровней, которые требуют большей подачи воздуха, чем оптимально для регулирования горения (см. раздел 4.1.2.14).

82) Использование конструкции камеры горения, которая предусматривает герметизацию, перемешивание и транспортирование отходов, например, вращающиеся печи с водяным охлаждением или без него. Водяное охлаждение для вращающихся печей, как описано в 4.1.2.15, может быть благоприятным в ситуациях, когда:

а) имеется повышенная теплота сгорания подаваемых отходов (например, > 15-17 ГДж/т

б) используются повышенные температуры, например, > 1100°C (например, для ошлаковывания или деструкции некоторых отходов).

