

## **Раздел V**

### **Указания и руководящие принципы по категориям источников: Категории источников в Части II Приложения С**

#### **Категория источников (а): Установки для сжигания отходов**



## Содержание

<b>V.A Установки для сжигания отходов</b>	<b>6</b>
<b>(i) Твердые бытовые отходы, опасные отходы и осадки сточных вод</b>	<b>6</b>
1. Введение	7
2. Описание процесса	7
2.1 Сжигание твердых бытовых отходов	9
2.2 Сжигание опасных отходов	11
2.3 Сжигание осадков сточных вод	13
3. Источники формирования химических веществ, перечисленных в Приложении С	15
4. Альтернативы сжиганию твердых бытовых отходов, опасных отходов и осадка сточных вод	18
5. Наилучшие виды природоохранной деятельности применительно к сжиганию отходов	20
5.1 Методы регулирования отходов	20
5.2 Практика эксплуатации установок для сжигания отходов	22
6. Наилучшие имеющиеся методы для сжигания	24
6.1 Выбор площадки	25
6.2 Наилучшие имеющиеся методы по контролю поступающих отходов	26
6.3 Наилучшие имеющиеся методы по сжиганию	26
6.4 Наилучшие имеющиеся методы обработки дымовых газов	28
6.5 Методы регулирования остатков от сжигания	30
6.6 Наилучшие имеющиеся методы для переработки стоков	31
6.7 Влияние наилучших имеющихся методов и наилучших видов природоохранной деятельности на другие загрязнители	32
6.8 Строительство новых и реконструкция существующих установок для сжигания отходов	32
6.9 Реконструкция существующих установок для сжигания отходов	33
7. Уровни эксплуатационной эффективности, соотносимые с наилучшими имеющимися методами	33
Ссылки на литературу	34
<b>(ii) Медицинские отходы</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1. Введение	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2. Категории медицинских отходов	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.1 Инфицированные медицинские отходы	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.2 Биологические отходы	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.3 Колуше-режущие предметы	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3. Альтернативные методы в отношении новых и существующих источников	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.1 Новые источники	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.2 Существующие источники	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.3 Альтернативные методы	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

4. Наилучшие виды природоохранной деятельности в отношении регулирования медицинских отходов **Error! Bookmark not defined.2**
- 4.1 Минимизация образования отходов **Error! Bookmark not defined.3**
- 4.2 Сортировка **4Error! Bookmark not defined.**
- 4.3 Рекуперация и рециркуляция отходов **4Error! Bookmark not defined.**
- 4.4 Обучение персонала **4Error! Bookmark not defined.**
- 4.5 Сбор отходов на месте их образования **Error! Bookmark not defined.**
- 4.6 Доставка к месту промежуточного хранения **Error! Bookmark not defined.**
5. Наилучшие имеющиеся методы, применяемые при сжигании медицинских отходов **Error! Bookmark not defined.**
- 5.1 Описание процесса **Error! Bookmark not defined.**
- 5.2 Методы термической обработки **Error! Bookmark not defined.6**
- 5.3 Очистка дымовых газов **Error! Bookmark not defined.7**
- 5.4 Переработка летучей золы, зольного остатка и сточных вод **Error! Bookmark not defined.8**
6. Сводка наилучших имеющихся методов и наилучших видов природоохранной деятельности **Error! Bookmark not defined.8**
7. Уровни эксплуатационной эффективности, соотносимые с наилучшими имеющимися методами 55
- Ссылки на литературу **Error! Bookmark not defined.**
- Прочие источники **Error! Bookmark not defined.**

**Таблицы: Раздел (i)**

Таблица 1. Отходы и твердые остатки установок для сжигания ТБО .....	17
Таблица 2. Диапазоны концентраций органических веществ в золе современных мусоросжигательных установок .....	17
Таблица 3. Расчетные показатели выбросов ПХДД/ПХДФ в различные среды установками по сжиганию бытовых отходов .....	18
Таблица 4. Примеры методов обследования.....	21
Таблица 5. Примеры методов сортировки .....	22

**Таблицы: Раздел (ii)**

Таблица 1. Общие указания.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Таблица 2. Сжигание медицинских отходов: Технологии сжигания представляющие наилучшие имеющиеся методы .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Таблица 3. Сжигание медицинских отходов: Общие меры.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Таблица 4. Сжигание медицинских отходов: Организационные меры.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Таблица 5. Основные меры и оптимизация процесса для уменьшения выбросов ПХДД и ПХДФ ....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Таблица 6. Дополнительные меры .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

**Рисунки: Раздел (i)**

Рисунок 1: Упрощенная схема установки для сжигания отходов .....	7
Рисунок 2. Типичная установка для сжигания твердых бытовых отходов.....	12
Рисунок 3. Схема системы сжигания с вращающейся печью .....	14
Рисунок 4. Пример установки с многоподовой печью для сжигания осадков сточных вод.....	14

**Рисунки: Раздел (ii)**

Рисунок 1. Варианты сортировки и переработки медицинских отходов **Error! Bookmark not defined.**

Рисунок 2. Упрощенная схема установки для сжигания ..... **Error! Bookmark not defined.**



## **V.A Установки для сжигания отходов**

### **(i) Твердые бытовые отходы, опасные отходы и осадки сточных вод**

#### **Резюме**

Стокгольмская конвенция определила установки для сжигания отходов как источники, способные привести к сравнительно высокому уровню образования и выброса в окружающую среду химических веществ, перечисленных в Приложении С.

В число целей сжигания отходов входят уменьшение их объема, регенерация энергии, разрушение и уменьшение количества опасных составляющих отходов, дезинфекция и повторное использование некоторых остатков.

При рассмотрении предложений по строительству новых установок для сжигания отходов первоочередное внимание должно быть уделено таким альтернативам, как минимизация образования отходов, включая рекуперацию, повторное использование и рециркуляцию отходов, разделение отходов и пропаганду использования продуктов, которые образуют меньше отходов. Первоочередное внимание должно уделяться также подходам, предотвращающим образование и выброс стойких органических загрязнителей (СОЗ).

Экологически безопасные конструкции и эксплуатация установок для сжигания отходов требуют применения наилучших имеющихся методов и наилучших видов природоохранной деятельности (которые в некоторой степени являются пересекающимися) для предотвращения или минимизации образования и выброса веществ, перечисленных в Приложении С.

К наилучшим видам природоохранной деятельности применительно к сжиганию отходов относятся надлежащие мероприятия вне участка сжигания (такие, как общее управление отходами и учет экологических аспектов выбора участка сжигания) и мероприятия на участке сжигания (такие, как инспектирование отходов, надлежащая перевалка отходов, эксплуатация и управление мусоросжигательной установкой и удаление остатков).

К наилучшим имеющимся методам по сжиганию отходов относятся: надлежащий выбор участка, контроль поступающих отходов, технологии сжигания и обработки отходящих газов, твердых остатков и сточных вод.

Для достижения наилучших результатов по экологической защите в целом важно координировать процедуры сжигания отходов с предварительными процедурами (например, методиками управления отходами) и последующими процедурами (например, методами удаления твердых остатков сжигания отходов).

Выбросы перечисленных в Приложении С химических веществ из установок для сжигания отходов, сконструированных и управляемых согласно наилучшим имеющимся методам и наилучшим видам природоохранной деятельности, происходят в основном через отходящие газы, зольный остаток и фильтровальный осадок при очистке сточных вод. Поэтому чрезвычайно важно обеспечить безопасное удаление этих видов отходов, например, путем предварительной очистки и окончательного захоронения в специальных могильниках, сконструированных и управляемых согласно наилучшим имеющимся методам.

При надлежащем сочетании первичных и вторичных мер достижимые показатели выбросов в атмосферу ПХДД/ПХДФ на уровне до 0,1 нг I-TEQ/м<sup>3</sup> (при 11% O<sub>2</sub>) соответствуют наилучшим имеющимся методам. Далее также отмечается, что при нормальных эксплуатационных условиях на адекватно спроектированных мусоросжигательных установках могут быть достигнуты уровни эмиссии ниже данного порога.

Наилучшие имеющиеся методы для обработки остатков с установок для очистки сточных вод, получающих воды со скрубберных установок по очистке отходящих газов, соответствуют уровням концентрации ПХДД/ПХДФ значительно ниже 0,1 нг I-TEQ/л.

## 1. Введение

Стокгольмская конвенция определила установки для сжигания отходов как источники, способные привести к сравнительно высокому уровню образования и выброса в окружающую среду химических веществ, перечисленных в Приложении С Конвенции. Источником выбросов химических веществ, перечисленных в Приложении С, может быть также совместное сжигание отходов.

В данном разделе рассматривается только целенаправленное сжигание отходов, без учета иных ситуаций, при которых происходит термическая обработка отходов, например, в процессах совместного сжигания, таких как цементные печи и крупные мусоросжигательные заводы, которые будут рассмотрены в соответствующих разделах.

При рассмотрении предложений по созданию новых установок для удаления отходов Стокгольмская конвенция предложила Сторонам уделить приоритетное внимание:

- При рассмотрении предложений о строительстве новых установок по удалению отходов - таким альтернативам, как мероприятия по максимальному сокращению образования бытовых отходов, включая восстановление ресурсов, повторное использование, рециркуляцию, разделение отходов и содействие использованию продуктов, которые приводят к образованию меньшего объема отходов [Стокгольмская конвенция, Приложение С, Часть V, раздел А, подпараграф (f)], а также;
- Подходам, позволяющим предотвратить образование и выбросы веществ, перечисленных в Приложении С.

В рамках общих стратегий регулирования и сокращения образования отходов можно рассмотреть соображения по переработке отходов, изложенные в разделе III.C (ii) настоящего документа и альтернативные подходы, описанные в подразделе 6 ниже.

## 2. Описание процесса

Сжигание используется как способ переработки самых разнообразных отходов. Сам по себе процесс сжигания обычно является лишь частью сложной системы переработки отходов, все элементы которой обеспечивают общее регулирование широкого спектра отходов, генерируемых обществом (вопросы взаимосвязей между сжиганием и управлением отходами рассмотрены в разделе III.C настоящих руководящих принципов).

Задачей сжигания отходов является их переработка с целью уменьшения их объема и степени опасности для окружающей среды при одновременном обеспечении улавливания (и концентрации) либо уничтожения потенциально опасных веществ, выбрасываемых либо могущих быть выброшенными в окружающую среду в процессе сжигания. Процессы сжигания могут также обеспечивать возможность получения энергии и извлечения минералов или химических веществ из отходов.

В установках для сжигания используются печи разных типов и размеров и различные сочетания предварительной обработки поступающих отходов и обработки остатков от сжигания. Конструкции установок для сжигания муниципального мусора, опасных отходов и осадков сточных вод во многом схожи.

Установки для сжигания рассчитываются на полное окислительное сгорание в диапазоне температур 850...1 400° С. Этот диапазон охватывает температуры, при которых могут также происходить кальцинирование и плавление. Другими видами тепловой переработки являются газификация и пиролиз, которые отличаются ограничением доступа кислорода с целью превращения отходов в технологический газ, который может использоваться как сырьевой



материал либо сжигаться в процессах рекуперации энергии. Однако, по сравнению со сжиганием эти системы применяются гораздо реже и на некоторых установках регистрировались эксплуатационные трудности.

Установку для сжигания отходов можно разделить на следующие сектора: доставки отходов, хранения, предварительной обработки, сжигания с получением энергии, очистки газов, переработки твердых остатков и остатков очистки сточных вод. Конструкция и эксплуатация каждого из этих секторов установки в большой степени зависят от вида перерабатываемых отходов.

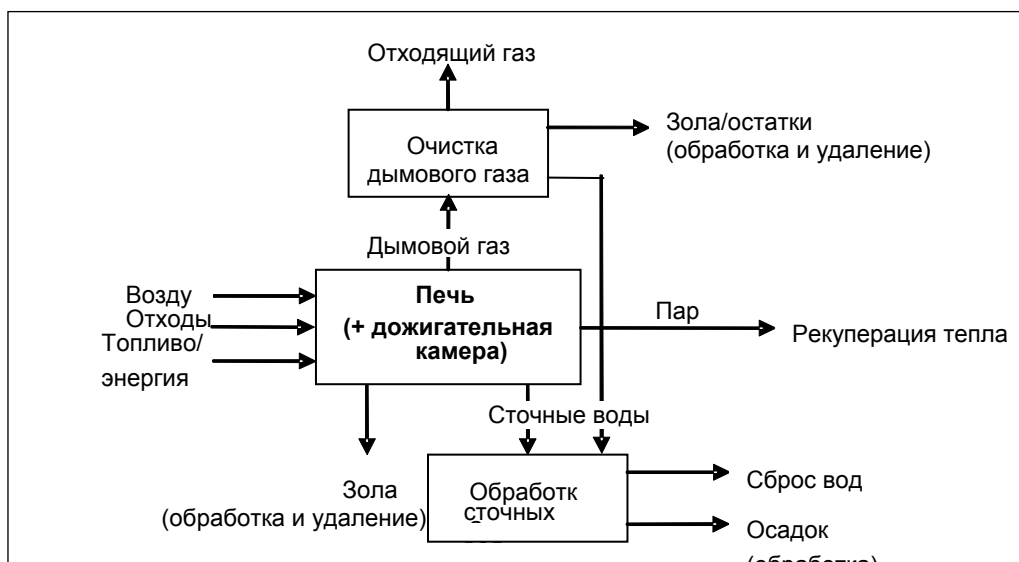
Отходы обычно представляют собой крайне неоднородный материал, состоящий из органических веществ, минералов, металлов и воды. В процессе сжигания образуются дымовые газы, несущие большую часть образовавшейся энергии в виде тепла.

В процессе полного сгорания основными компонентами дымовых газов являются водные пары, азот, углекислый газ и кислород. В зависимости от состава сжигаемого материала, эксплуатационного режима и системы очистки дымовых газов, производятся выбросы кислых газов (окислов серы, окислов азота, хлористого водорода), твердых частиц (включая связанные в частицах металлы), широкого спектра летучих органических соединений, а также летучих металлов (таких как ртуть). Было также доказано, что сжигание твердых бытовых отходов и опасных отходов приводит к непреднамеренному формированию и выбросу стойких органических загрязнителей (ПХДД/ПХДФ, ПХБ, ГХБ). Кроме того, потенциально могут иметь место выбросы полибромированных дибензо-*n*-диоксинов (ПБДД) и полибромированных дибензофуранов (ПБДФ). Такое формирование выбросов бывает гораздо более значительным на неадекватно спроектированных или эксплуатируемых установках.

В зависимости от температур горения в ходе основных стадий процесса сжигания происходит частичное или полное испарение летучих металлов и неорганических соединений (например, солей). Эти вещества переносятся из поступающих масс отходов в дымовые газы и зольный остаток. Формируется зольная пыль (с содержанием минеральных остатков) и более тяжелый зольный остаток. Пропорциональный объем твердых остатков может значительно варьироваться в зависимости от типа отходов и производственного процесса.

Другими видами выбросов являются остатки от очистки и доочистки дымовых газов, фильтровальный осадок от переработки стоков, соли и выбросы различных веществ в сточные воды.

### **Рис. 1: Упрощенная схема установки для сжигания отходов**



## 2.1 Сжигание твердых бытовых отходов

Хотя в ряде регионов захоронение необработанных отходов остается основным способом удаления твердых бытовых отходов, во многих развитых и развивающихся странах в широкую практику вошло их сжигание с последующим захоронением остатков. (Данные по иерархии отходов и рециркуляции отходов приводятся в разделе III.C (ii)).

В Директиве Европейского Совета по захоронению отходов (1999/31/ЕС) содержится требование к Странам-участницам выработать национальную стратегию по снижению объемов биоразлагаемых отходов, поступающих на полигоны для захоронения отходов. Такая стратегия должна содержать меры, включающие, в частности, рециркулирование, компостирование, производство биогаза и рекуперацию материалов или энергии.

Сжигание твердых бытовых отходов обычно сопровождается получением энергии («переработка отходов в энергию») в виде водяного пара и/или электроэнергии. Установки могут быть приспособлены также для сжигания предварительно обработанных твердых бытовых отходов в форме так называемого топлива из отходов и для сжигания отходов совместно с ископаемыми топливами. Мусоросжигательные установки имеют самые разные размеры – от небольших модулей для переработки отдельных порций отходов массой в несколько тонн в сутки до крупных заводов с непрерывным процессом, перерабатывающих больше тысячи тонн отходов в сутки. Капиталовложения, требуемые для создания мусоросжигательных установок, соответствующих стандартам наилучших имеющихся методов, могут находиться в пределах от нескольких миллионов до сотен миллионов долларов США.

К основным преимуществам сжигания твердых бытовых отходов относится разрушение органических (включая токсичные) веществ, снижение объема отходов и концентрации загрязняющих веществ (например, тяжелых металлов) до относительно малых объемов зольных остатков, которые могут быть должным образом безопасно утилизированы. Дополнительным преимуществом является полученная энергия.

Большие мусоросжигательные установки представляют собой крупные промышленные предприятия, которые могут стать существенными источниками загрязнения окружающей среды (См. Раздел 2).

### 2.1.1 Общие условия эксплуатации установок для сжигания твердых бытовых отходов

Во многих установках для сжигания твердых бытовых отходов производится также сжигание других отходов, таких как крупногабаритный мусор, осадки сточных вод или горючие остатки предварительной обработки отходов (например, от шреддерных установок). До направления этих отходов на сжигание необходимо установить, соответствует ли конструкция данной мусоросжигательной установки (включая системы обработки дымовых газов, сточных вод и остатков) переработке именно таких видов отходов, и не будет ли при этом создаваться риска для здоровья людей и для окружающей среды. Важными параметрами являются содержание хлора и брома, содержание алюминия, тяжелых металлов, теплотворная способность и полнота сгорания. Высокие концентрации брома могут способствовать формированию таких веществ, как полибромированные дибензо-*n*-диоксины (ПБДД) и полибромированные дибензофураны (ПБДФ). Игнорирование пределов эксплуатационных возможностей мусоросжигательной установки может привести к производственным проблемам (повторным остановам на очистку решетки или теплообменников) либо к серьезному ухудшению экологических показателей (напр., высокие концентрации сбросов в воду, высокие показатели выщелачиваемости летучей золы).

На Рис. 2 приводится схема большой мусоросжигательной установки для сжигания твердых бытовых отходов.

### 2.1.2 Доставка, хранение и предварительная обработка твердых бытовых отходов

Отходы могут доставляться на переработку автомобильным, речным/морским и железнодорожным транспортом. Программы предварительной регенерации или сортировки мусора у источника могут существенно влиять на эффективность переработки. Предварительное отделение стекла и металлов увеличивает выход энергии на единицу массы отходов. Однако на некоторых мусоросжигательных заводах металлы извлекаются после сжигания из зольного остатка. Отделение бумаги, картона и пластика уменьшает энергию сгорания отходов, но может уменьшать и выход свободного хлора. Отделение крупногабаритного мусора уменьшает потребность в удалении или измельчении на месте.

Кроме сортировки отходов, предварительная обработка исходных твердых бытовых отходов может включать в себя дробление и измельчение для облегчения дальнейшей переработки и повышения однородности. Зоны хранения в бункерах, как правило, делают крытыми для защиты от атмосферной влаги, а воздух для горения обычно забирается из бункеров, чтобы уменьшить распространение неприятного запаха.

**Рис. 2. Типичная установка для сжигания твердых бытовых отходов**



Источник: European Commission 2006.

### 2.1.3 Конструкции установок для сжигания твердых бытовых отходов

Твердые бытовые отходы могут сжигаться в установках разного типа, включая установки с движущейся колосниковой решеткой и с вращающимися печами, а также установки с кипящим слоем. В США и в Азии также используются модульные установки, сжигающие отходы без их предварительной обработки. Технология установок с кипящим слоем накладывает ограничения на размер твердых частиц в отходах, что означает необходимость некоторой предварительной обработки и избирательного подхода к типам отходов. Производительность установок для сжигания ТБО обычно составляет 90 - 2700 тонн ТБО в сутки (а для модульных установок – 4 – 270 тонн в сутки).

Были разработаны также и другие технологии, основанные на выделении некоторых стадий процессов, протекающих при сжигании: сушка, испарение, пиролиз, карбонизация и окисление отходов. Применяется также газификация с использованием газифицирующих агентов, таких как пар, воздух, окислы углерода или кислород. Все эти процессы применяются для уменьшения объемов дымовых газов и снижения издержек, связанных со стоимостью очистки этих газов. Многие из этих решений оказались технически или экономически непригодными для применения в промышленных масштабах и поэтому сейчас более не продвигаются. Некоторые применяются в коммерческих масштабах (например, в Японии), другие же – только в демонстрационных проектах в Европе, но в сравнении со сжиганием все они составляют лишь незначительную часть от общего объема переработки твердых бытовых отходов.

## 2.2 Сжигание опасных отходов

Сжигание и другие виды термической переработки применимы также к опасным отходам. К опасным относятся отходы, включенные в списки опасных отходов в реестрах и нормативных актах или проявляющие опасные свойства. Так, в США отходы могут считаться опасными, если установлено, что они воспламенимы, обладают коррозионным действием, химически агрессивны или токсичны. Опасными могут считаться также смеси опасных отходов с другими.

Работа с опасными отходами связана с более высокой потенциальной опасностью, а состав таких отходов часто неясен, поэтому для их транспортировки, переработки, хранения, мониторинга и контроля необходимы специальные процедуры. Такие процедуры могут потребоваться и для любых остатков, получаемых в результате переработки опасных отходов.

Чаще всего опасные отходы сжигают во вращающихся печах. Коммерческие установки такого типа имеют производительность от 82 до 270 т отходов в сутки (European Commission 2006). Некоторые опасные отходы, в частности использованные растворители, сжигают также в качестве топлива в цементных печах. Последний случай рассмотрен в разделе V.B. настоящего документа.

Как и при сжигании ТБО, достоинством метода сжигания опасных отходов является уничтожение органических (включая токсические) материалов, уменьшение объема отходов и концентрация загрязняющих веществ в относительно малых количествах золы. При этом в ряде случаев может также производиться рекуперация энергии.

Установки для сжигания опасных отходов могут являться потенциальным источником значимого экологического загрязнения (см. раздел 2).

Обычно опасные отходы сжигаются в двух типах установок:

- На коммерческих заводах, предоставляющих коммерческие услуги по переработке привозных отходов. Такие предприятия по сжиганию обрабатывают самые разнообразные потоки отходов и могут конкурировать на международной арене за получение заказов;<sup>1</sup>
- Специализированные или внутрифирменные установки для сжигания опасных отходов, которые обычно располагаются на крупных промышленных предприятиях и

<sup>1</sup> См. требования «Базельской конвенции о контроле за трансграничной перевозкой опасных отходов и их удалением» в отношении перевозки опасных отходов.

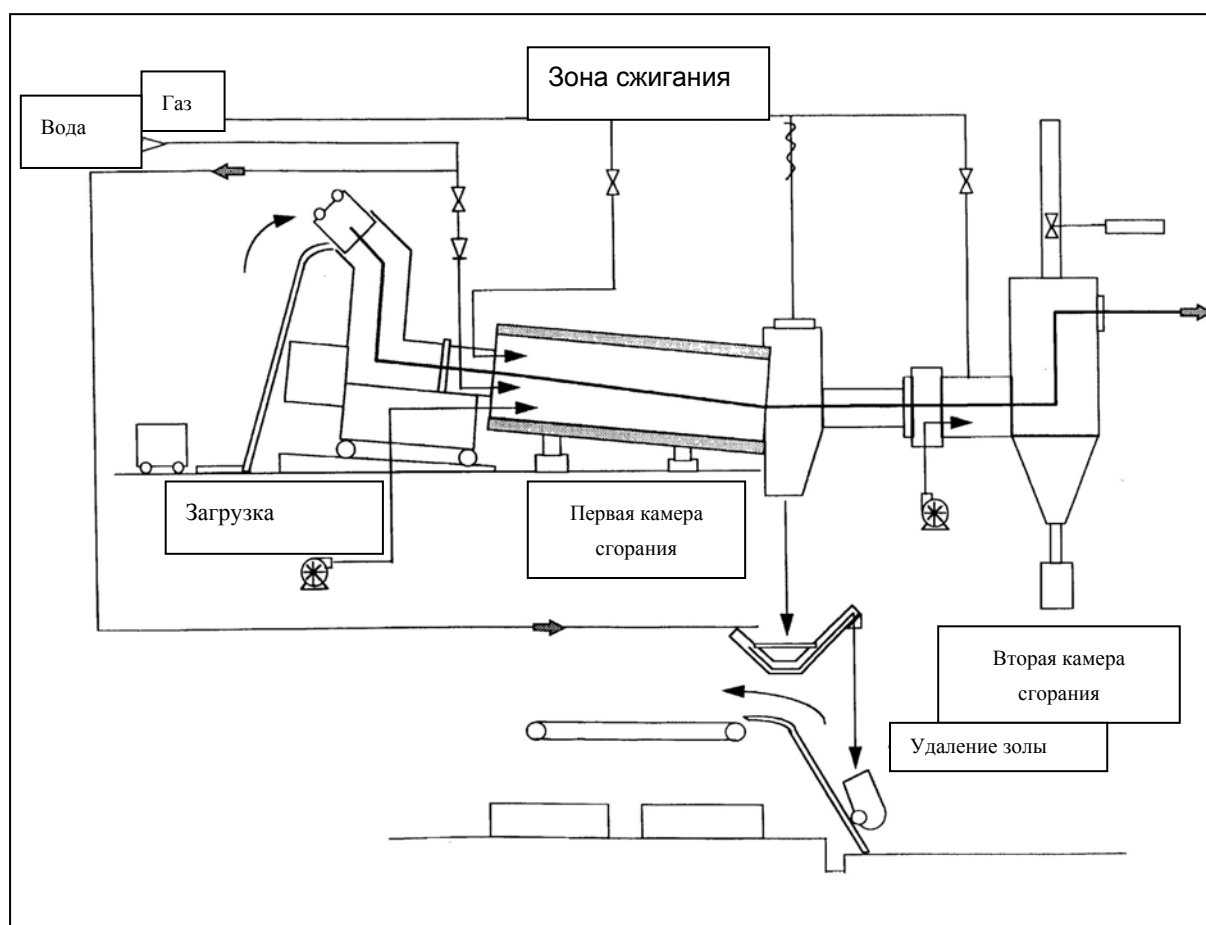
перерабатывают потоки отходов, образуемых на этих предприятиях, например, установка для сжигания хлорсодержащих отходов химического производства с целью получения хлористого водорода (HCl).

Твердые остатки, получаемые от установок для сжигания опасных отходов, аналогичны тем, что образуются установками для сжигания твердых бытовых отходов, за исключением шлаков, получаемых в результате сжигания во вращающихся печах.

### 2.2.1 Конструкция и принцип действия установок для сжигания опасных отходов

Чаще всего для сжигания опасных отходов используются вращающиеся печи (Рис. 3), однако для твердых отходов также иногда применяются установки с движущейся колосниковой решеткой, а для некоторых предварительно обработанных материалов – установки с кипящим слоем. Статические печи широко применяются на установках, действующих на территории химических предприятий.

Рис. 3. Схема системы сжигания с вращающейся печью



Поскольку поступающие на эти предприятия отходы опасны, а состав их часто недостаточно определен, критериям приемки отходов, условиям хранения, погрузочно-разгрузочным работам и предварительной обработке отходов здесь уделяется больше внимания, чем при переработке муниципальных отходов. Для отходов с малой теплотой сгорания может потребоваться использование вспомогательных топлив.

Во вращающейся печи твердые отходы, отходы в контейнерах или закачиваемые насосом поступают к верхнему концу наклонного барабана. Температуры в таких печах обычно находятся в пределах от 850° С (500° С при использовании в качестве газификатора) до 1 450° С (высокотемпературная печь для плавления золы). Медленное вращение барабана позволяет получать продолжительности обработки от 30 до 90 мин. Для разрушения опасных отходов, не содержащих хлора, достаточными можно считать температуры от 850 до 1 000° С, а для

разрушения хлорсодержащих отходов, например ПХДД, ПХДФ, ПХБ и ГХБ требуются температуры от 1 100 до 1 200° С.

Камера дожигания, установленная за вращающейся печью, служит для довершения окисления газообразных продуктов сгорания. В нее могут вводиться также жидкие отходы и вспомогательное топливо вместе со вторичным воздухом с таким расчетом, чтобы время удержания в этой камере составляло не меньше 2 секунд, а температура поддерживалась в диапазоне 850...1 100° С, что обеспечивает эффективное разрушение большинства оставшихся органических соединений (требования по условиям сжигания изложены, например, в Директиве ЕС 2000/76/ЕС по сжиганию отходов).

Опасные отходы сжигают также в цементных печах. Этот вариант рассмотрен в разделе V.B настоящего руководства.

### **2.2.2 Доставка, хранение и предварительная обработка опасных отходов**

Прежде чем принять опасные отходы на переработку, коммерческие заводы должны оценить и охарактеризовать их. От поставщика отходов обязательно требуется документация, в которой должны быть указаны происхождение отходов, их код или иное обозначение, имена ответственных лиц и наличие конкретных опасных материалов. Отходы должны быть также хорошо упакованы, чтобы избежать каких-либо реакций или эмиссий в процессе транспортировки.

Требования к хранению на заводе по сжиганию зависят от рода и физических свойств отходов. Твердые опасные отходы обычно хранят в бункерах, конструкция которых должна предотвращать утечку и обеспечивать возможность забора из них воздуха для сжигания. Жидкие отходы хранятся в резервуарных парках, причем часто под слоем химически неактивного газа (например, азота), а на сжигание подаются по трубопроводам. Некоторые отходы могут подаваться в печь прямо в транспортных контейнерах. Насосы, трубопроводы и другие элементы оборудования, соприкасающиеся с опасными отходами, должны быть коррозионно-стойкими и допускать очистку и отбор проб.

Предварительная обработка опасных отходов может включать в себя их нейтрализацию, обезвоживание или отверждение. Для переработки контейнеров или смешивания отходов с целью повышения эффективности их сжигания могут использоваться измельчители и механические смесители.

### **2.3 Сжигание осадков сточных вод**

Осадки бытовых сточных вод удаляются различными способами, включая их применение на сельскохозяйственных землях после предварительной обработки, разбрасывание на поверхности (напр., в ландшафтных работах), сжигание, совместное удаление с ТБО и совместное сжигание. Сжигание осадков сточных вод практикуется во многих странах либо как отдельное сжигание, либо как совместное сжигание в установках для сжигания ТБО либо в иных установках для сжигания (напр., в угольных электростанциях, в цементных печах). Эффективность удаления осадков сточных вод при этом зависит от ряда факторов. Во-первых, от того, смешиваются ли сточные воды с промышленными стоками (что может повысить концентрацию тяжелых металлов), во-вторых, от местоположения (прибрежное расположение может способствовать проникновению соленой воды), а также от предварительной очистки (или ее отсутствия) и от погоды (разведение в осадках) (European Commission 2006).

Сжигание осадков сточных вод имеет несколько отличий от сжигания твердых бытовых отходов и опасных отходов. Непостоянство содержания влаги в осадках и их теплоты сгорания, а также возможность смешивания с иными отходами (например, если системы канализации бытовых и промышленных стоков сообщаются между собой) требует особого учета при погрузочно-разгрузочных работах и предварительной обработке.

Предварительная обработка, особенно обезвоживание и сушка, чрезвычайно важна при подготовке осадочных масс к сжиганию. Физическое обезвоживание уменьшает объем осадка и увеличивает его теплоту сгорания. Обычно требуется обезвоживание до содержания твердых веществ в осадках на уровне не менее 35% для обеспечения необходимой тепловой энергии

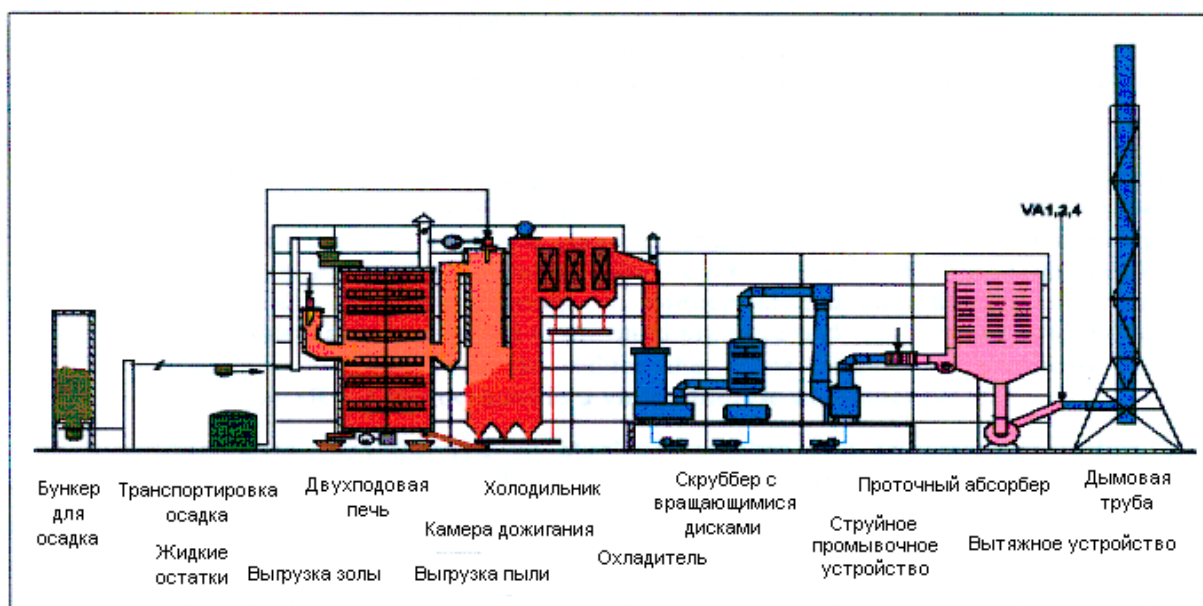
при автотермическом сжигании. В случае, если предполагается совместное сжигание с твердыми бытовыми отходами, может понадобиться дополнительная сушка.

Как и в случае со сжиганием ТБО и опасных отходов, сырье, поступающее на установки для сжигания осадков сточных вод, содержит загрязнители, перечисленные в Приложении С химические вещества и их предшественников, что приводит к формированию и выбросу этих веществ в атмосферу, воду и остатки/отходы (см. Раздел 2). Твердыми остатками от сжигания осадков сточных вод являются, в основном, летучая зола и зольный остаток (при сжигании в кипящем слое), а также остатки от очистки дымовых газов (см. описание процесса сжигания ТБО).

### 2.3.1 Конструкция и принцип действия установок для сжигания осадков сточных вод

Типичная установка для сжигания осадков сточных вод способна перерабатывать в год до 80 000 т осадков (35% сухой массы). Предпочтительными технологиями для сжигания осадков сточных вод являются многоподовые печи (Рис. 4) и печи с псевдоожиженным слоем, хотя в небольших установках применяются и вращающиеся печи.

**Рис. 4. Пример установки с многоподовой печью для сжигания осадков сточных вод**



Источник: European Commission 2006.

В зависимости от содержания твердых веществ (степени сухости) может потребоваться добавление вспомогательного топлива, в качестве которого обычно используется топочный мазут или природный газ. Большинство установок для сжигания осадков сточных вод работает в диапазоне температур от 850 до 950° С с 2-х секундным временем удержания, хотя некоторые установки с псевдоожиженным слоем могут работать при температуре всего 820° С без ухудшения эффективности. При температурах в 980° С или выше может начать плавиться зола (European Commission 2006).

Сжигание осадков сточных вод совместно с твердыми бытовыми отходами осуществляется в печах с псевдоожиженным слоем или в колосниковых печах для сжигания неподготовленных отходов. В последнем случае типичное значение соотношения осадок/отходы составляет 1 : 3. Если осадок высушен, он подается в печь в виде пыли, а если только обезвожен, то подается на колосниковую решетку разбрызгивателями. В некоторых случаях высушенный или обезвоженный осадок может заранее смешиваться с твердыми бытовыми отходами в бункере

или загрузочной воронке. На системы подачи приходится значительная доля дополнительных капиталовложений, необходимых для реализации процессов совместного сжигания.

### **2.3.2 Предварительная обработка осадков сточных вод**

Некоторая предварительная обработка осадков (например, просеивание, анаэробная и аэробная биологическая обработка и добавление некоторых реагентов) может осуществляться еще до того, как они будут доставлены на установку для сжигания.

Физическое обезвоживание уменьшает объем осадка и увеличивает его теплоту сгорания. К процессам механического обезвоживания относятся декантация, центрифугирование и фильтрация через ленточные и камерные пресс-фильтры. Для облегчения обезвоживания к осадкам часто заранее добавляют кондиционеры (например, флокулянты). При механическом обезвоживании содержание твердых веществ в осадках может регулярно достигать 20...35% (European Commission 2006).

Сушка предусматривает подвод тепла для дополнительного обезвоживания и кондиционирования осадка. Требуемое тепло часто поставляется самим процессом сжигания. Процессы сушки могут быть прямыми (когда осадок непосредственно контактирует с теплоносителем) или косвенными (например, теплом от теплоцентрали). В случае прямой сушки пар и газовая смесь требуют последующей очистки.

Для автотермического (самоподдерживающегося) сжигания необходимо, чтобы содержание твердого вещества в осадках было не меньше 35%. Хотя механическое обезвоживание позволяет достичь этого порога, для увеличения теплоты сгорания осадка можно применить дополнительную сушку, которая позволяет довести содержание твердых веществ в нем до 80...95%. Для сжигания осадка совместно с твердыми бытовыми отходами обычно также требуется дополнительная сушка.

## **3. Источники формирования химических веществ, перечисленных в Приложении С**

Механизмы формирования химических веществ, перечисленных в Приложении С Стокгольмской Конвенции, изложены в разделе III.C (i) настоящих руководящих принципов.

Химические вещества, перечисленные в Приложении С, выбрасываются в атмосферу, в воду (в случае наличия мокрой системы очистки дымовых газов или когда остатки омываются жидкостями для удаления некоторых токсических веществ) или выделяются в твердых остатках.

Основными твердыми остатками от сжигания ТБО являются: зольный остаток, котельный шлак и летучая зола. Твердые остатки от установок по сжиганию опасных отходов аналогичны тем, что генерируются установками для сжигания ТБО, за исключением шлаков от сжигания во вращающихся печах. Основными твердыми остатками от сжигания осадков сточных вод являются: летучая зола и зольный остаток (от сжигания в кипящем слое), а также остатки от очистки дымовых газов (см. описание сжигания ТБО).

Кроме того, остатки от очистки дымовых газов имеют различные характеристики в зависимости от используемых систем очистки (сухих, полу-мокрых, мокрых). При применении мокрых систем происходит также образование фильтровального осадка (от очистки стоков) и гипса. Необходимо также учитывать остатки от финишной очистки газов.

Варианты обработки остатков от финишной очистки газов зависят от использованного адсорбента (активированный уголь, кокс, известь, двууглекислая сода, цеолит). Остаток (активированного) угля из реакторов с неподвижным слоем можно в некоторых случаях сжечь в той же мусоросжигательной установке (при соблюдении определенных технологических условий). Остаток из реакторов с перемещающимся слоем можно также сжигать, но при условии, что в качестве адсорбента применялся только активированный уголь или печной кокс. Если использовалась смесь иных реагентов с активированным углем, остаток обычно



направляется на внешнее предприятие для обработки или удаления, поскольку потенциально может спровоцировать повышенную коррозию.

Во многих странах отходы, генерируемые установками для сжигания, классифицируются как опасные, за исключением гипса, получаемого после десульфуризации дымовых газов, и отходов цветных и черных металлов. Например, согласно законодательству Австрии при превышении в отходах предела содержания ПХДД/ПХДФ в 100 нг I-TEQ/кг такие отходы подлежат удалению экологически безопасным образом. В большинстве случаев это означает захоронение в специально оборудованных могильниках (после предварительной обработки) или в подземных хранилищах. Более того, согласно законодательству Австрии в ходе транспортировки и промежуточного хранения должны приниматься меры по недопущению формирования и распространения пыли от этих отходов (Austrian Waste Incineration Ordinance, Fed. Law Gazette Nr. II 389/2002).

В Таблице 1 приводятся относительные показатели массы твердых остатков для типичной установки по сжиганию ТБО.

**Таблица 1. Отходы и твердые остатки установок для сжигания ТБО**

Тип отходов	Удельн. масса, сухая (кг/т отходов)
Шлак/зола (включая остатки на сите)	200–350
Пыль из котла и после пылеудаления	20–40
Остатки от очистки дымовых газов без фильтровальной пыли:	
Мокрая сорбция <sup>a</sup>	8–15
Полу-мокрая сорбция	15–35
Сухая сорбция	7–45
Остатки от очистки дымовых газов с учетом фильтровальной пыли:	
Мокрая сорбция <sup>a</sup>	30–50
Полу-мокрая сорбция	40–65
Сухая сорбция	32–80
Активированный уголь	0,5–1

a. Остатки мокрой сорбции имеют удельную сухость (напр., 40-50% сухих твердых веществ)) (74, TWG Comments, 2004).

Источник: Umweltbundesamt Deutschland 2001

Типичные концентрации органических веществ в золе современных установок для сжигания ТБО приводятся в Таблице 2.

**Таблица 2. Диапазоны концентраций органических веществ в золе современных мусоросжигательных установок**

Параметр	Зольный остаток (нг/кг)	Котельный шлак (нг/кг)	Летучая зола (нг/кг)
ПХДД/Ф (I-TEQ)	< 1–10	20–500	200–10000
ПХБ	< 0,005–0,05	0,004–0,05	10000–250000
ПХБз <sup>a</sup>	< 0,002–0,05	200000–1000000	100000–4000000
ПХФн <sup>b</sup>	< 0,002–0,05	20000–500000	50000–10000000
ПАУ <sup>c</sup>	< 0,005–0,01	10000–300000	50000–2000000

a. ПХБз: полихлорированные бензолы.

b. ПХФн: полихлорированные фенолы.

c. ПАУ: полициклические ароматические углеводороды.

Источник: European Commission 2006.

Выбросы в атмосферу мусоросжигательных установок в значительной степени зависят от условий горения, а также от конструктивных особенностей и режима эксплуатации систем по очистке дымовых газов. Эмиссии ПХДД/ПХДФ большинства современных установок, на

которых применяются наилучшие имеющиеся методы, попадают в интервал 0,0008–0,05 нг/ I-TEQ/ нм<sup>3</sup>; (см. Stubenvoll, Böhmer et al. 2002). Однако, эмиссии могут и превышать 150 нг/ I-TEQ/ нм<sup>3</sup> в случае плохо спроектированных и плохо эксплуатируемых установок..

Выбросы ПХДД/ПХДФ в воду происходят только при использовании мокрых систем для очистки дымовых газов. На современных предприятиях по очистке сточных вод предусматриваются такие процессы, как нейтрализация, осаждение, флокуляция, а также фильтры из активированного угля для удаления органических веществ. Обычно эмиссии таких предприятий составляют 0,01–0,3 нг/ I-TEQ/ л (напр., в Директиве СЕ по сжиганию отходов предписывается предельное значение для выбросов ПХДД /ПХДФ (ELV) в 0,3 нг/ I-TEQ/ л).

Типичные концентрации ПХДД/ПХДФ в собственно отходах по сообщениям составляют 50–250 нг I-TEQ /кг в ТБО, до 10000 нг/кг I-TEQ в опасных отходах и 8,5–73 нг/кг I-TEQ в остатках сточных вод (European Commission 2006).

В Таблице 3 приводятся расчетные величины выбросов ПХДД/ПХДФ (I-TEQ) в различные среды с учетом типичных параметров установок для сжигания ТБО, спроектированных и эксплуатируемых согласно наилучшим имеющимся методам (параметры см. Stubenvoll, Böhmer et al. 2002 и European Commission 2006).

**Таблица 3. Расчетные показатели выбросов ПХДД/ПХДФ в различные среды установками по сжиганию бытовых отходов**

Среда	Накопление на тонну обработанных отходов	Единица	Средняя концентрация	Единица	Удельный выброс (мг/т отходов)
Зольный остаток	220	кг	46	нг I-TEQ /кг	10,12
Летучая зола	20	кг	2950	нг I-TEQ /кг	59
Фильтровальный остаток	1	кг	4000	нг I-TEQ/кг	4
Сточные воды	450	л	0,3	нг I-TEQ/л	0,135
Воздух	5000	нм <sup>3</sup>	0,02	нг I-TEQ/нм <sup>3</sup>	0,1
<b>Суммарные выбросы</b>					<b>73355</b>

Источник: Stubenvoll, Böhmer et al. 2002 и European Commission 2006

Из представленных в Таблице 3 данных видно, что выбросы диоксинов и фуранов происходят в основном из твердых остатков, формируемых в результате сжигания. В большинстве стран фильтровальный остаток и летучая зола удаляются в специализированных захоронениях или подземных хранилищах (иногда после предварительной обработки), зольный же остаток в ряде стран используется, например, в дорожном строительстве, обычно после предварительной очистки.

При условии, что общее содержание и степень выщелачивания СОЗ в золе и других остатках сжигания отходов находятся на низком уровне (что достигается, например, предварительной обработкой), можно считать специально спроектированные захоронения (при условии соответствия их конструкции и эксплуатации наилучшим имеющимся методам) подходящим способом окончательного удаления вредных веществ, который значительно снижает риск дальнейшего высвобождения и повторного воздействия этих веществ. В таком случае выбросы современных установок для сжигания отходов являются крайне низкими.

#### **4. Альтернативы сжиганию твердых бытовых отходов, опасных отходов и осадка сточных вод**

Обзор информации по управлению отходами приводится в разделе III.C (ii) настоящего руководства.

Помимо побуждения Сторон к приоритетному применению подходов, способствующих рециркуляции и рекуперации отходов и минимизации образования отходов, Стокгольмская конвенция подчеркивает важность рассмотрения других способов удаления и переработки отходов, которые позволили бы избежать образования и выброса веществ, перечисленных в Приложении С. Ниже приведены примеры таких технологий, в том числе только еще разрабатываемых.

В число возможных альтернатив сжиганию твердых бытовых отходов входят:

- Стратегии безотходной работы, направленные на предотвращение образования отходов путем применения ряда мер, включая законодательные и экономические;
- Минимизация образования отходов, разделение их по источникам и рециркуляция с целью уменьшения объема отходов, требующих окончательного удаления;
- Компостирование, уменьшающее объем отходов в результате биоразложения;
- Механико-биологическая переработка, уменьшающая объем отходов биологическими и механическими средствами и приводящая к образованию остатков, требующих дальнейшей переработки;
- Высокотемпературное плавление с использованием тепла для уменьшения объема отходов и инкапсуляции остатков, требующих дальнейшей переработки.
- Специальное инженерное конструирование захоронений, обеспечивающее удержание и изоляцию отходов (включая эффективное улавливание и сжигание образующегося метана с рекуперацией энергии или, при невозможности такой технологии, по крайней мере, сжигание в факелах);

Возможные альтернативы сжиганию опасных отходов таковы:

- Минимизация количества опасных отходов и разделение их по источникам с окончательной переработкой иными способами или надлежащим захоронением;

В отношении СОЗ-содержащих отходов возможные альтернативы сжиганию приводятся в Технических Указаниях Базельской Конвенции (Basel Convention Technical Guidelines: General technical guidelines for the environmentally sound management of wastes consisting of, containing or contaminated with persistent organic pollutants (POPs), 2005 - Технические Указания Базельской Конвенции по экологически обоснованному обращению с отходами СОЗ, отходами, содержащими СОЗ, и отходами, загрязненными СОЗ; 2005).

- Химическое восстановление в газовой фазе;
- Каталитическое разложение;
- Восстановление натрием;
- Сверхкритическое водяное окисление.

В случае незагрязненных осадков сточных вод возможными альтернативами сжиганию являются захоронение на свалках и разбрасывание по поверхности земли, что позволяет избежать образования веществ, перечисленных в Приложении С, хотя установлено, что любые стойкие органические загрязнители и иные вредные вещества, присутствующие в осадках, могут при этом выделяться в окружающую среду. В идеальном случае, для применения на поверхности земли должны отдельно собираться незагрязненные осадки.

Международное сообщество нуждается в дальнейших исследованиях по испытаниям и проверке перечисленных выше и других технологий. Необходима также работа по поощрению дальнейших инноваций в этой важной области.

## **5. Наилучшие виды природоохранной деятельности применительно к сжиганию отходов**

Для минимизации образования и выбросов перечисленных в Приложении С химических веществ при сжигании отходов важны правильная эксплуатация установок для их сжигания, хорошее обучение операторов этих установок, хорошее информирование общественности и постоянное внимание к процессу. Существенно уменьшить вредные выбросы могут также эффективные стратегии регулирования отходов (например, уменьшение объема отходов, разделение их по источникам и регенерация), позволяющие контролировать объем и состав поступающих отходов.

Необходимо отметить, что вследствие нечеткости определения того, что составляет наилучшие виды природоохранной деятельности, наблюдается некоторое пересечение в описаниях наилучших имеющихся методов и наилучших видов природоохранной деятельности. Некоторые положения, приведенные в данном разделе по наилучшим видам природоохранной деятельности, могут являться также предпосылками эксплуатации предприятий с применением наилучших имеющихся методов.

В данном подразделе описываются наилучшие виды природоохранной деятельности применительно к установкам для сжигания отходов. Практические действия, которые должны применяться до того, как отходы поступят на мусоросжигательную установку, описаны в других разделах настоящего руководства (например, в разделе III.C).

### **5.1 Методы регулирования отходов**

Соображения по регулированию отходов, описанные в разделе III.C (ii) настоящего руководства, а также альтернативные подходы, изложенные в подразделе б ниже, должны приниматься во внимание как часть общей стратегии предотвращения образования отходов и контроля за ними.

#### **5.1.1 Минимизация количества отходов**

Уменьшение общего количества отходов, подлежащих удалению или иной переработке, позволяет уменьшить как выбросы в атмосферу, так и объем остатков после сжигания. Направление биоразлагаемых отходов на компостирование и меры по уменьшению количества упаковочных материалов, попадающих в отходы, могут существенно уменьшить объем отходов. Ответственность за минимизацию отходов лишь в меньшей степени возлагается на оператора установки по сжиганию отходов. В то же время, чрезвычайно важной для защиты окружающей среды в целом является координация и гармонизация необходимых действий на различных организационных уровнях (уровне оператора, местном, региональном или национальном уровнях).

#### **5.1.2 Разделение по источникам и регенерация**

Локальная или централизованная сортировка и сбор поддающихся регенерации материалов (например, алюминия и других металлов, стекла, бумаги, поддающихся регенерации пластиков и строительного мусора) также позволяет уменьшить количество отходов и удалить из них некоторые несгораемые материалы. Ответственность за эти виды деятельности должна координироваться между разными уровнями их осуществления.

#### **5.1.3 Обследование и характеристика отходов**

Важно хорошо знать характеристики и признаки поступающих отходов. Характеристики конкретного потока отходов могут существенно меняться от страны к стране и от региона к региону. Если какие-то отходы или их составляющие считаются неподходящими для сжигания, необходимо предусмотреть способы обнаружения и отделения этих материалов в потоке отходов или остатках. Необходим контроль потока отходов, отбор проб и их анализ, особенно в случае опасных отходов. Важно вести учетные и контрольные журналы, систематически

обновляя записи в них. Некоторые примеры методов, применимых к различным видам отходов приведены в табл. 4.

#### 5.1.4 Удаление несгораемых материалов на установках для сжигания отходов

На установках для сжигания твердых бытовых отходов обычно применяется предварительное удаление черных и цветных металлов.

#### 5.1.5 Обращение с отходами, хранение и предварительная переработка

Большое значение, особенно в случае опасных отходов, имеет применение подходящих процедур обращения с ними. Для обеспечения безопасности переработки необходимы предварительные сортировка и разделение отходов (см. табл. 5).

Хранилища должны быть хорошо герметизированы и защищены от погодных воздействий, а сток из них должен контролироваться. Для них следует также предусмотреть системы пожарообнаружения и пожаротушения с удержанием применяемой при пожаротушении воды в пределах зоны. Зоны хранения и перевалки должны быть спроектированы так, чтобы не допускать загрязнения окружающей среды и чтобы было легко проводить очистку в случае разлива или утечек. Неприятный запах или выбросы летучих СОЗ в окружающую среду можно уменьшить, если воздух для сжигания забирать из бункера с отходами. В случае осадка сточных вод предварительная обработка должна обеспечивать достаточное высушивание и кондиционирование их.

**Таблица 4. Примеры методов обследования**

Тип отходов	Методы	Примечания
Смешанные бытовые отходы	Визуальный контроль в бункере Выборочная проверка партий отходов путем пробной отгрузки Взвешивание доставляемых отходов Контроль радиоактивности	Промышленные и коммерческие отходы могут представлять повышенный риск
Предварительно обработанные бытовые отходы и топливо из отходов	Визуальный контроль Периодический отбор проб и их анализ на ключевые свойства или вещества	
Опасные отходы	Визуальный контроль Отбор и анализ проб из всех насыпных емкостей Выборочный контроль отходов в бочках Распаковка и проверка упакованных партий отходов Оценка характеристик сгорания Проверка жидких отходов на смешиваемость перед хранением Проверка температуры воспламенения отходов в бункере Сортировка поступающих отходов по элементному составу, например с помощью EDXRF <sup>a</sup>	Для этого вида отходов особенно важны всесторонние и эффективные процедуры. На заводах, получающих отходы из одного источника, можно применять более простые процедуры
Осадки сточных вод	Периодический отбор проб и их анализ на ключевые свойства и компоненты Проверка на наличие камней и металлических предметов перед сушкой Управление параметрами процесса применительно к изменениям характеристик осадка	

<sup>a</sup> EDXRF: энергодисперсионный рентгенофлуоресцентный анализ (спектрометр).

Источник: European Commission 2006.

**Таблица 5. Примеры методов сортировки**

Вид отходов	Методы сортировки
Смешанные бытовые отходы	Сортировка обычно не практикуется, если только не получают четко различающиеся потоки отходов, которые могут смешиваться в бункере Можно предварительно отделять крупногабаритные предметы, требующие предварительной обработки Вспомогательные зоны для отделения не утилизируемых отходов
Предварительно переработанные бытовые отходы и топливо на основе отходов	Сортировка обычно не практикуется Вспомогательные зоны для отделения не утилизируемых отходов
Опасные отходы	Необходимы исчерпывающие процедуры для разделения химически несовместимых веществ, как то: Воды и фосфидов Воды и изоцианатов Воды и щелочных материалов Цианидов и кислот Горючих материалов и окислителей Сохранения разделения отходов, поступающих разделенными и упакованными
Осадки сточных вод	Отходы обычно хорошо перемешиваются еще до поступления на переработку Некоторые потоки промышленных отходов могут поступать по отдельности и требовать сортировки для смешивания

Источник: European Commission 2006.

### 5.1.6 Минимизация сроков хранения

Хотя для поддержания стабильных условий горения на больших муниципальных мусоросжигательных установках необходимо непрерывное поступление сжигаемых отходов, качество хранимых отходов не улучшается со временем. Минимизация сроков хранения способствует предотвращению гниения и нежелательных реакций, а также повреждения контейнеров и их маркировки. Управляемые поставки и поддержание контакта с поставщиками позволяют поддерживать сроки хранения отходов перед сжиганием в разумных пределах (например, от четырех до семи дней для муниципальных отходов).

### 5.1.7 Установление требований к качеству отходов, поступающих на сжигание

Чтобы поддерживать параметры режима работы установки для сжигания отходов в расчетных пределах, операторы должны иметь возможность точно прогнозировать теплоту сгорания и другие свойства поступающих отходов. Это возможно при использовании результатов программы мониторинга поступающих отходов по основным загрязняющим веществам и параметрам, при увеличении частоты забора проб и проведения анализов в случае повышения вариативности поступающих отходов.

### 5.1.8 Загрузка отходов

Для установок, в которых сжигаются неоднородные муниципальные отходы, очень важны надлежащее перемешивание и правильная загрузка отходов в питающий бункер. Операторы загрузочного крана должны иметь опыт и хороший обзор, чтобы правильно выбирать смесь загружаемых отходов, обеспечивающую работу установки с максимальной эффективностью.

## 5.2 Практика эксплуатации установок для сжигания отходов

### 5.2.1 Обеспечение хорошего сгорания

Для оптимизации предотвращения образования и улавливания веществ, перечисленных в Приложении С, необходимы тщательный контроль и управление параметрами горения и выбросов. В установках с непрерывной подачей очень важно управление моментами подачи, параметрами горения и последующей переработкой получаемых остатков (см. подраздел 6 ниже).

### **5.2.2 Необходимость избегать холодных пусков, нарушений работы и остановок**

Холодные пуски, нарушения работы и остановки, как правило, характеризуются плохим сгоранием и, следовательно, созданием условий для образования химических веществ, перечисленных в Приложении С. На небольших модульных установках, работающих в периодическом режиме, пуски и остановки могут происходить ежедневно. Для ускорения прогрева до температур эффективного сжигания при пуске такой установки желательны ее предварительный разогрев и сжигание отходов вместе с чистым ископаемым топливом на начальном этапе работы. Однако во всех случаях, когда это возможно, следует выбирать установки с непрерывным циклом. Независимо от режима работы, отходы должны подаваться в систему сжигания только по достижении в ней должной температуры (например, выше 850°С). Сбои в работе можно свести к минимуму, проводя периодические осмотры и профилактическое обслуживание установок. Операторы установок по сжиганию отходов не должны допускать подачи отходов во время засорения фильтров или при серьезных сбоях в режиме сжигания.

### **5.2.3 Периодические обследования технического состояния установок**

Для обеспечения целостности системы и поддержания должной работоспособности установки и ее узлов оператору и соответствующим контролирующим органам необходимо регулярно проводить обследования печи и системы контроля загрязнения воздуха.

### **5.2.4 Мониторинг**

Поддержанию высокой эффективности сжигания способствует использование режима мониторинга таких ключевых параметров, как содержание угарного газа (СО), объемный расход, температура и содержание кислорода. Низкое содержание СО ассоциируется с высокой эффективностью сгорания в случае сжигания твердых бытовых отходов. Как правило, малое объемное содержание СО в дымовых газах (например, менее 50 частей на миллион или 30 мг/м<sup>3</sup>) свидетельствует о высокой эффективности горения в камере сгорания. А высокая эффективность горения ведет к минимизации образования ПХДД и ПХДФ в установке, поэтому важно непрерывно контролировать и регистрировать температуру в камере сгорания.

Непрерывной контроль содержания СО, кислорода, твердых частиц, хлористого водорода (HCl), сернистого газа (SO<sub>2</sub>), окислов азота (NO<sub>x</sub>), фтористого водорода (HF) и pH в дымовых газах, а также расхода и температуры воздуха, и перепада давления позволит судить о параметрах горения и потенциале образования веществ, перечисленных в Приложении С. Минимизации выбросов и оптимизации работы установки и оператора будет способствовать также периодическое или полунепрерывное (непрерывный забор проб и периодический анализ) измерение содержания ПХДД и ПХДФ в дымовых газах.

В Японии в качестве официальных стандартов утверждены упрощенные методы замеров при помощи биопроб для периодического измерения содержания диоксинов, генерируемых мусоросжигательными установками мощностью менее 2 тонн в час (см. также раздел III.C (vi))

### **5.2.5 Переработка остатков**

Зольный остаток и летучая зола от установок для сжигания должны быть экологически безопасным образом переработаны, вывезены и захоронены. Такие меры включают отдельное управление зольным остатком и летучей золой и другими остатками обработки дымовых газов во избежание загрязнения зольного остатка и, тем самым, для повышения возможностей его рекуперации. Чаще всего применяется вывоз в закрытых емкостях и захоронение на специальных свалках.



Если предполагается повторное использование остатков, необходима оценка содержания и потенциальной мобильности в окружающей среде тяжелых металлов и веществ, перечисленных в Приложении С. При этом следует придерживаться руководящих указаний, принятых Базельской конвенцией и впоследствии принятых Конференцией Сторон Стокгольмской Конвенции. Периодические анализы золы позволят контролировать работу установки для сжигания и попадание в нее незаконных или запрещенных отходов и топлива.

Во многих странах стоки скрубберов и осадки на фильтрах мокрых пылеуловителей считаются опасными отходами, требующими экологически безопасной переработки и удаления. (например, стабилизации до захоронения в специально оборудованных могильниках).

### **5.2.6 Обучение операторов**

Для обеспечения надлежащей работы установок для сжигания отходов важно регулярное обучение персонала, обслуживающего эти установки. В США обучение и сертификацию этого персонала обеспечивает Американское Общество инженеров-механиков (ASME) [см. также раздел III.C (v) настоящего руководства].

### **5.2.7 Постоянное информирование общественности и поддержание связи с ней**

Для успеха проектов по сжиганию отходов важно создать и поддерживать благоприятное отношение общественности к этим проектам. Пропаганду следует начинать на возможно более ранних этапах разработки проекта. У общественности могут возникать понятные опасения в отношении строительства и эксплуатации установок для сжигания отходов, и открытое и честное обсуждение планов строительства с общественностью поможет избежать неведения и недопонимания.

Эффективными способами информирования общественности являются, в частности, заблаговременное помещение объявлений в газетах, распространение информации среди местных жителей, распространение пояснений к вариантам конструкции и эксплуатации установок, размещение информационных щитов в общественных местах, ведение регистров выбросов и переноса загрязнений и частые встречи с общественностью для обсуждения проектов.

Органы власти и разработчики проектов по сжиганию мусора должны действовать совместно со всеми заинтересованными группами, включая представителей общественных интересов, проводя регулярные встречи с общественностью, устанавливая приемные дни, размещая данные о выбросах и эксплуатационных характеристиках установок для сжигания в Интернете и отображая информацию о работе установок и выбросах в реальном времени на сайте установки для сжигания. Чтобы быть эффективными, консультации с общественностью должны быть прозрачными, значимыми и откровенными.

## **6. Наилучшие имеющиеся методы для сжигания**

Кроме применения наилучших видов природоохранной деятельности для сжигания муниципальных отходов, опасных отходов и осадков сточных вод, существует множество уже опробованных технологий сжигания, очистки дымовых газов, и методов переработки остатков, пригодных для предотвращения или минимизации выбросов веществ, перечисленных в Приложении С. Подробный анализ наилучших имеющихся методов по сжиганию отходов приводится в Справочном документе Европейской Комиссии по НИМ для сжигания отходов (the European Commission BAT Reference (BREF) Document on waste incineration) (European Commission 2006).

Существуют также технологии, не требующие сжигания, и новые технологии, представляющие собой осуществимые экологически эффективные альтернативы сжиганию [см. Раздел III.C (ii) настоящих руководящих принципов]. Однако целью настоящего раздела является определение наилучших методов, применимых к процессу сжигания. Наилучшими имеющимися методами для сжигания являются методы с использованием установок, конструкция, эксплуатация и

обслуживание которых обеспечивают эффективную минимизацию образования и выброса веществ, перечисленных в Приложении С.

При рассмотрении приводимых ниже НИМ для сжигания отходов, важно учитывать, что оптимальное решение по конкретному виду установки для сжигания может быть различным в зависимости от различия местных условий. Приводимые в данном разделе НИМ не должны рассматриваться как однозначное указание на наилучшее местное решение, поскольку для такого решения понадобится учет местных условий на слишком детальном уровне для общего документа по НИМ. Соответственно, простая комбинация отдельных элементов, описываемых здесь как наилучшие имеющиеся методы, без учета местных условий, вряд ли сможет дать оптимальное местное решение применительно к соображениям охраны окружающей среды в целом (European Commission 2006).

Подходящее сочетание основных и дополнительных мер при поддержании эксплуатационных уровней содержания ПХДД и ПХДФ в воздухе в пределах 0,01-0,1 нг I-TEQ/м<sup>3</sup> (при 11% O<sub>2</sub>) ассоциируется с наилучшими имеющимися методами. Также отмечается, что при нормальных эксплуатационных условиях на адекватно спроектированной установке по сжиганию мусора могут достигаться и более низкие уровни эмиссий.

Наилучшие имеющиеся методы по выбросам в сточных водах очистных сооружений, получающих стоки из скрубберов для очистки дымовых газов, соответствуют уровням концентрации ПХДД/ПХДФ значительно ниже 0,1 нг I-TEQ/л.

В качестве примера руководства, относящегося к различным видам окружающей среды, напомним, что Япония в 1997 г. поставила себе целью на будущее довести суммарные выбросы ПХДД и ПХДФ в воздухе, зольном остатке и летучей золе до уровня не более 5 мкг на тонну сжигаемых отходов (см. для сравнения приведенные выше подраздел 3 и табл. 3).

Необходимо отметить, что большая часть выводов по НИМ, приводимых в данной главе, взята из Справочного документа Европейской Комиссии по НИМ для сжигания отходов (the European Commission BAT Reference (BREF) Document on waste incineration) (European Commission 2006). В мире есть много установок по сжиганию мусора, которые сконструированы и эксплуатируются в соответствии с большей частью параметров, относимых к НИМ, и отвечают соответствующим требованиям к уровням эмиссий.

## 6.1 Выбор площадки

При выборе площадки для сжигания отходов необходимо принимать во внимание местные факторы, включая следующие:

- Местные экологические факторы, например фоновый уровень качества окружающей среды, могут оказать влияние на устанавливаемые местные уровни эксплуатационной эффективности в отношении выбросов от мусоросжигательной установки либо доступности тех или иных ресурсов;
- Характер отходов, генерируемых в данной местности, и воздействие инфраструктуры управления отходами на вид и параметры отходов, поступающих на установку для сжигания;
- Стоимость и техническая возможность реализации конкретной технологии в соотношении с ее потенциальными преимуществами, что особенно важно при оценке эффективности существующих установок;
- Наличие, степень использования и ценовые опции систем по рекуперации и удалению остатков, производимых на установки;
- Наличие пользователей рекуперированной энергии и цены, получаемые за эту энергию;
- Местные экономические, рыночные и политические факторы, которые могут повлиять на приемлемость повышения цен за переработку отходов в связи с внедрением некоторых новых технологий.

## 6.2 Наилучшие имеющиеся методы по контролю поступающих отходов

- Поддержание площадки в чистом и прибранном состоянии;
- Введение и поддержание средств контроля качества поступающих отходов согласно видам отходов, которые могут приниматься на данной установке, включая следующие:
  - Введение ограничений по приемке и загрузке отходов и определение ключевых рисков;
  - Установление связей с поставщиками отходов в целях улучшения контроля качества поступающих отходов;
  - Контроль качества загружаемых отходов на участке сжигания;
  - Проверка, забор проб и проведение анализов поступающих отходов;
  - Применение детекторов радиоактивных материалов.

## 6.3 Наилучшие имеющиеся методы по сжиганию

Оптимальные условия сжигания включают:

- Перемешивание топлива с воздухом для сведения к минимуму образование устойчивых «топливных карманов» среди продуктов горения;
- Достижение достаточно высоких температур в присутствии кислорода для разрушения углеводородных материалов;
- Предотвращение образования зон резкого охлаждения или низкотемпературных коридоров, способствующих выходу из камеры сгорания частично прогоревшего топлива.

Обеспечению этих условий способствует надлежащая конструкция и эксплуатация установки для сжигания отходов, предоставляющая возможность управления факторами «3Т» (время, температура, турбулентность), а также поступлением кислорода. Температуры на уровне 850° С и выше (например, для отходов, содержащих галогенизированные органические вещества с содержанием хлора > 1% - выше 1100° С) также необходимы для обеспечения полного сгорания в большинстве технологий. Турбулентность, предполагающая перемешивание топлива с воздухом, помогает предотвратить формирование холодных зон в камере сгорания и накопление углерода, которые могут снизить эффективность сгорания. Рекомендуемое время удержания во вторичной камере сгорания (камере дожигания) первой печи составляет не менее двух секунд при 6% кислорода.

### 6.3.1 Общие рекомендации

- Обеспечение должного соответствия конструкции печи характеристикам отходов, подлежащих сжиганию.
- Поддержание температуры газовой фазы в зоне горения в диапазоне, оптимальном для полного окисления отходов (850...950° С в колосниковых печах для сжигания муниципального мусора и 1100...1200° С при высоком содержании хлора в отходах).
- Обеспечение достаточного для полного сжигания времени удержания (например, 2 секунды при 6% O<sub>2</sub>) и турбулентного смешения в камере (камерах) сгорания.
- Предварительный подогрев первичного и вторичного воздуха для улучшения условий горения.
- Применение, где возможно, непрерывного, а не периодического, процесса для минимизации выбросов на этапах пуска и остановки.
- Применение систем непрерывного контроля важнейших параметров горения, включая скорость движения и температуру колосниковой решетки, перепад давления и концентрации CO, CO<sub>2</sub> и O<sub>2</sub>.

- Обеспечение возможности вмешательства для коррекции расхода подаваемых отходов, скорости движения колосниковой решетки и температуры, а также объемов и распределения подачи первичного и вторичного воздуха
- Установка автоматических вспомогательных горелок для поддержания оптимальной температуры в камере (камерах) сгорания.
- Использование для горения воздуха из бункеров и хранилищ.
- Установка систем автоматического запрета подачи отходов при температурах ниже оптимальной.

### **6.3.2 Методы сжигания твердых бытовых отходов**

- Установки с движущейся колосниковой решеткой для сжигания неподготовленных отходов применяются давно и хорошо зарекомендовали себя при сжигании неоднородных твердых бытовых отходов.
- Применение водяного охлаждения в установках с колосниковыми печами позволяет улучшить управление горением и перерабатывать отходы с более высокой теплотой сгорания.
- Неоднородные твердые бытовые отходы можно сжигать также в печах с вращающейся колосниковой решеткой, но по производительности они уступают печам для сжигания неподготовленных отходов с движущейся колосниковой решеткой.
- Печи с неподвижной колосниковой решеткой и устройством для перемещения отходов (например, толкателем) имеют меньше движущихся частей, но требуют большей предварительной обработки отходов (например, измельчения и сортировки).
- Для сжигания сравнительно небольших количеств отходов хорошо подходят модульные установки с камерами дожигания, но некоторые из них (в зависимости от размера) могут потребовать работы в периодическом режиме.
- Для сжигания тонко измельченных отходов с мало изменяющимися свойствами, например мусорного топлива, хорошо подходят печи с кипящим слоем и печи со стокером-разбрасывателем.

### **6.3.3 Методы сжигания опасных отходов**

- Для сжигания опасных отходов хорошо подходят вращающиеся печи, в которых можно сжигать не только твердые отходы, но также жидкости и пасты.
- Печи с водяным охлаждением могут работать при более высоких температурах и пригодны для переработки отходов с большей теплотой сгорания.
- Применимость котлов-утилизаторов должна тщательно взвешиваться, особенно в отношении возможного образования ПХДД и ПХДФ.
- Постоянство свойств отходов (и характеристик горения) можно улучшить путем измельчения упакованных опасных отходов, в том числе затаренных в бочки.
- Способствовать равномерности подачи и поддержанию постоянства условий горения могут системы выравнивания подачи (например шнековые питатели, способные измельчать твердые вещества и обеспечить равномерную подачу твердых веществ в печь).

### **6.3.4 Методы сжигания осадков сточных вод**

- При сжигании осадков сточных вод хорошо проявили себя установки с кипящим слоем.

- Печи с циркулирующим кипящим слоем предоставляют больше свободы выбора топлива, чем печи со стационарным кипящим слоем, но требуют применения циклонов для сохранения материала слоя.
- В печах со стационарным кипящим слоем следует принять меры против слипания слоя в комки.
- Использование тепла, выделяемого при сжигании, позволяет уменьшить потребность во вспомогательном топливе.
- При сжигании осадков сточных вод совместно с муниципальными отходами большое значение имеют методы подачи отходов в печь. Успешно применяются следующие методы: вдувание высушенного осадка в виде пыли, подача обезвоженного осадка разбрызгивателями с распределением его по колосниковой решетке и смешиванием его на ней с мусором, подача обезвоженного или высушенного осадка в смеси с твердыми бытовыми отходами (European Commission 2006).<sup>2</sup>

#### **6.4 Наилучшие имеющиеся методы обработки дымовых газов**

Выбор видов и последовательности процессов обработки дымовых газов, выходящих из камер сгорания установок для сжигания отходов, имеют большое значение как для оптимизации режима работы установки, так и для повышения ее рентабельности в целом. В число факторов, влияющих на выбор метода, входят вид отходов, их состав и степень изменчивости, тип процесса горения, выход и температура дымовых газов, потребность в обработке сточных вод и наличие ее возможности. На образование и выброс веществ, перечисленных в приложении С, прямо или косвенно влияют рассматриваемые ниже процессы. Наилучшие имеющиеся методы переработки дымовых газов должны включать в себя наиболее подходящие сочетания систем очистки дымовых газов.

##### **6.4.1 Методы удаления пыли (взвешенных твердых частиц)**

- Удаление пыли из дымовых газов имеет большое значение для всех установок по сжиганию отходов.
- Для удаления пыли из дымовых газов установок по сжиганию отходов эффективными являются электростатические уловители и тканевые фильтры. Различные системы первичного удаления пыли сопоставлены в табл. 3 подраздела III.C (iv) настоящих руководящих принципов.
- Циклоны и многоциклонные системы удаляют пыль с меньшей эффективностью и должны применяться только на этапах предварительного обеспыливания для удаления более крупных частиц и уменьшения пылевой нагрузки на последующие устройства для удаления пыли. Предварительное отделение более крупных пылевых частиц уменьшает количество летучей золы, содержащей значительные концентрации органических загрязнителей.
- Эффективность электростатических уловителей падает с увеличением удельного электрического сопротивления частиц пыли. Это может вызвать затруднения в случаях быстрых изменений состава сжигаемых отходов (например, при сжигании опасных отходов).
- Для минимизации образования ПХДД, ПХДФ и других веществ, перечисленных в Приложении С, электростатические уловители и тканевые фильтры должны работать при температурах ниже 200° С.
- Мокрые электростатические уловители способны удерживать очень мелкие частицы, но требуют специальной обработки стоковых вод и устанавливаются обычно после систем пылеулавливания.

<sup>2</sup> Дополнительную информацию о сравнительных характеристиках методов сжигания в различных печах можно найти в Приложении I.

- В установках для сжигания отходов широко применяются тканевые (рукавные) фильтры, которые имеют то достоинство, что в сочетании с впрыском полусухого сорбента (распылительной сушкой) обеспечивают дополнительную фильтрацию, а осадок на фильтре образует дополнительную реактивную поверхность.
- Для предотвращения отпадения фильтровального осадка с рукавного фильтра, образования течей в рукаве и намокания рукава важно контролировать перепад давления на фильтре и температуру дымовых газов (если перед фильтром установлена скрубберная система). Одним из средств контроля работы фильтров является система выявления течей с трибоэлектрическим детектором.
- Тканевые фильтры могут повреждаться водой и корродировать, и для предотвращения этих эффектов температура газового потока через фильтры должна поддерживаться выше точки росы (130...140° С). Некоторые фильтровальные ткани более стойки к повреждениям. При выборе материала для фильтра можно руководствоваться данными табл. 2 раздела III.C (iv) настоящих руководящих принципов.

#### 6.4.2 Методы удаления кислых газов

- Из всех известных методов удаления растворимых кислых газов наибольшей эффективностью характеризуется промывка в скрубберах, где рН скрубберных вод является показателем эффективности удаления. Твердые частицы в скрубберных водах могут способствовать взаимодействию с ПХДД/ПХДФ в подвижном газовом потоке, что влияет на надежность установления взаимосвязи между результатами периодического мониторинга дымовых газов и эффективной производительностью очистной установки.
- Для предотвращения засорения скрубберов, если их пропускная способность не достаточно велика, может потребоваться предварительное обеспыливание газов.
- Применение в набивке скрубберов насыщенных углеродом материалов, активированного угля или кокса позволяет удалить до 70% ПХДД и ПХДФ (European Commission 2006), но на общих выбросах это может не отразиться.
- Высокую эффективность удаления кислых газов обеспечивает также распылительная сушка (полумокрая очистка), имеющая еще и то преимущество, что она не требует последующей дополнительной очистки стоков. Кроме впрыска щелочных реагентов для удаления кислых газов, эффективное удаление ПХДД, ПХДФ и ртути обеспечивает также распыление активированного угля. Скрубберные системы с распылительной сушкой позволяют обычно удалять до 93% SO<sub>2</sub> и 98% HCl.
- Как уже было отмечено, системы распылительной сушки часто устанавливаются перед тканевыми фильтрами, которые служат для улавливания реагентов и продуктов реакций, а также предоставляют дополнительную реактивную поверхность на своем осадке.
- При использовании такого сочетания большое значение имеет температура на входе тканевого фильтра. Для предотвращения конденсации и вызываемой ею коррозии эта температура обычно должна превышать 130...140° С.
- При удалении кислых газов сухие скрубберные системы не позволяют достичь такой же эффективности, как у мокрых или полумокрых скрубберов (с распылительной сушкой), без существенного увеличения подачи реагентов и сорбентов. Увеличение подачи реагентов увеличивает количество летучей золы.

#### 6.4.3 Методы дополнительной очистки дымовых газов

- Перед выпуском дымовых газов в дымовую трубу может быть полезным дополнительное обеспыливание. Для дополнительной очистки дымовых газов применяются тканевые фильтры, мокрые электростатические осадители и скрубберы Вентури.

- Двойная фильтрация (последовательное размещение фильтров) позволяет систематически достигать эффективности улавливания, обеспечивающей снижение концентрации пыли до уровня не выше 1 мг/м<sup>3</sup>.
- Выигрыш от применения этих методов может быть несущественным, а затраты на их реализацию непропорционально большими, если уже используются эффективные системы очистки газов, за которыми должно размещаться это дополнительное оборудование.
- Наиболее полезной дополнительная очистка дымовых газов может быть на крупных установках и там, где она требуется перед избирательным каталитическим восстановлением.
- Адсорбция может достигаться путем применения активированного угля методом впрыскивания или в неподвижном слое, либо путем использования пропитанных углем материалов.

#### **6.4.4 Методы каталитического удаления окислов азота (NO<sub>x</sub>)**

- Хотя основной целью избирательного каталитического восстановления является уменьшение выброса окислов азота (NO<sub>x</sub>), эта технология может использоваться также для разрушения присутствующих в газовой фазе веществ, перечисленных в Приложении С (например, ПХДД и ПХДФ) с эффективностью 98...99,5% (European Commission 2006).
- Для успеха каталитического восстановления дымовые газы должны быть подогреты до 250...400° С.
- Эффективность систем каталитического восстановления повышается, если используется доочистка поступающих газов. Устанавливаются такие системы после систем удаления пыли и кислых газов.
- Значительные затраты на каталитическое восстановление (капиталовложения и затраты на электроэнергию) менее обременительны для крупных установок с большими расходами газов и экономией за счет масштаба.

#### **6.5 Методы регулирования остатков от сжигания**

Остатки от сжигания состоят из нескольких видов золы (зольного остатка, котловой и летучей золы) и остатков от других процессов переработки отходящих газов (например, гипса из мокрых скрубберов), включая жидкие стоки в случае использования мокрых скрубберных систем.

В сухих и полу-мокрых скрубберах обычно образуется большее количество твердых остатков, чем в мокрых скрубберах. Более того, такие остатки могут содержать летучую золу, тяжелые металлы (в частности, ртуть) и непрореагировавшие сорбенты.

Поскольку соотношение и свойства названных составляющих могут меняться в довольно широких пределах, часто может быть желательной сепарация остатков перед переработкой и удалением. Присутствие и концентрации веществ, перечисленных в Приложении С, в остатках (при условии их сепарации) зависит от их присутствия в поступающих отходах, а также от сохранения или образования их в процессе сжигания и от эффективности улавливания при переработке дымовых газов. Соответствующие методы по регулированию остатков от сжигания подробно изложены в Технических Указаниях Базельской конвенции (Basel Technical Guidelines) – в главе IV, G 3, а также в разделе III С. (iv) – в главах 2.1.2 и 2.2. Выбор тех методик, которые могут рассматриваться как наилучшие имеющиеся методы и наилучшие виды природоохранной деятельности в той или иной ситуации, должен производиться индивидуально, с учетом особенностей каждой конкретной ситуации.

##### **6.5.1 Методы обработки зольного остатка и котельной золы**

Содержание веществ, перечисленных в Приложении С, в зольных остатках современных установок для сжигания отходов, спроектированных и управляемых в соответствии с НИМ (т.е. имеющих хорошие показатели сгорания), обычно очень мало – примерно того же порядка, что их фоновые концентрации в городских почвах (меньше 1–10 нг I-TEQ/кг золы). Содержание этих веществ к котельной золе обычно выше (20–500 нг I-TEQ/кг золы), но и те и другие концентрации значительно меньше средней концентрации этих веществ в летучей золе (European Commission 2006).

Ввиду этого различия концентраций загрязняющих веществ, смешивание зольного остатка с летучей золой загрязняет его и запрещено во многих странах. Раздельный сбор и хранение этих видов остатков дает операторам больше возможностей выбора способа их удаления.

Зольный остаток (или шлак установок для сжигания с кипящим слоем) во многих странах подлежит удалению на свалках, но он может использоваться в качестве строительного материала и для строительства дорог после предварительной обработки. Однако перед таким использованием его следует проверить на содержание и выщелачиваемость стойких органических загрязнителей и тяжелых металлов, чтобы установить верхние пределы концентраций этих веществ и другие параметры.

Методы предварительной обработки включают сухую, мокрую и термическую обработку, а также просеивание, дробление и отделение металлов.

Выщелачиваемость веществ, перечисленных в Приложении С, растет с увеличением рН и концентрации органических веществ. Из этого следует, что в данном случае предпочтительно захоронение зольного остатка на «слоеных» или специальных свалках, а не свалках для смешанных отходов.

#### **6.5.2 Методы обработки остатков очистки дымовых газов**

В отличие от зольного остатка, остатки от переработки в устройствах для снижения загрязнения атмосферы, включая летучую золу и стоки скрубберов, могут содержать довольно высокие концентрации тяжелых металлов, органических загрязнителей (включая ПХДД и ПХДФ), хлоридов и сульфидов. Раздельное удаление летучей золы и остатков от устройств для очистки дымовых газов (например, для удаления кислых газов и диоксинов) препятствует смешиванию малозагрязненных компонентов отходов с сильно загрязненными.

Если зольный остаток подлежит дальнейшему использованию (например, в качестве строительного материала), смешивание его с остатками от переработки дымовых газов не может считаться НИМ.

Во многих странах летучая зола подлежит захоронению в специализированных свалках. Однако, скорее всего потребуется дополнить этот метод предварительной очисткой, чтобы можно было считать его относящимся к НИМ. (См. также раздел III. С (iv) - главы 2.1.2 и 2.2 «Вопросы, являющиеся общими для всех источников»).

### **6.6 Наилучшие имеющиеся методы для переработки стоков**

Сточные воды при сжигании отходов образуются, в основном, в результате работы мокрых скрубберов. Необходимости переработки сточных вод можно избежать, если применять сухие или полумокрые системы.

Наилучшие имеющиеся методы для переработки сточных вод включают оптимизацию рециркуляции и повторного использования сточных вод, формирующихся внутри системы, использование раздельных систем для переработки стоков разной степени загрязненности, применение физико-химических способов обработки скрубберных стоков и, при необходимости, удаление аммиака. Для удаления органических компонентов используются фильтры с активированным углем и импрегнированные углем полимеры.



При комбинировании адекватных методов переработки (см. также главу «Вопросы, являющиеся общими для всех источников») уровни ПХДД/ПХДФ в очищенных сточных водах составляют < 0,01–0,1 нг I-TEQ/л (European Commission 2006).

### **6.7 Влияние наилучших имеющихся методов и наилучших видов природоохранной деятельности на другие загрязнители**

При описании методов и практики их применения в настоящих предварительных указаниях основной упор делается на их проверенную эффективность в отношении предотвращения, минимизации или уменьшения образования и выбросов веществ, перечисленных в Приложении С. Многие из этих методов позволяют уменьшить и выбросы других загрязнителей, а некоторые могут быть в первую очередь для этого разработаны (например, предварительное отделение металлов и других негорючих материалов из поступающих отходов, избирательное каталитическое восстановление NO<sub>x</sub>, переработка кислых газов для уменьшения выбросов SO<sub>2</sub>, адсорбция на угле для уменьшения выбросов ртути). Некоторые методы, разработанные для улавливания других загрязнителей (например, электростатическое осаждение при повышенной температуре на входе), могут потребовать видоизменения или замены для предотвращения образования и выброса веществ, перечисленных в Приложении С.

При окончательном анализе для определения наилучших имеющихся методов и наилучших видов природоохранной деятельности применительно к сжиганию отходов, рассматривать нужно не только влияние сжигания на содержание веществ, перечисленных в Приложении С, но и все аспекты сжигания, получения энергии, обработки дымовых газов, очистки сточных вод и процессов переработки остатков. Однако подавляющее большинство этих аспектов являются дополнительными к основной цели – предотвращению или сокращению выбросов веществ, перечисленных в Приложении С (рассмотрение преимуществ совместного учета факторов приводится в разделе III.C (iii) настоящего руководства).

### **6.8 Строительство новых и реконструкция существующих установок для сжигания отходов**

В Стокгольмской Конвенции [Приложение С, часть V, раздел B, подпараграф (b)] говорится, что перед рассмотрением предложений по строительству или модификации потенциальных источников выброса веществ, перечисленных в Приложении С, Стороны должны «уделить первоочередное внимание» «альтернативным процессам, методам или практике, которые имеют аналогичную полезность, но при которых предотвращается образование и выброс» указанных веществ. В случаях, когда после такого рассмотрения будет решено продолжать строительство или модификацию установок для сжигания, Конвенция предлагает для рассмотрения ряд общих мер по уменьшению количества выбросов. Хотя эти меры уже рассматривались выше при описании наилучших имеющихся методов и наилучших видов природоохранной деятельности для этих категорий источников загрязнения, есть и еще ряд дополнительных факторов, которые нужно учитывать при решении вопроса об оправданности строительства или модификации установок для сжигания отходов. В ходе оценки экологического воздействия проектов должны быть учтены прямые и косвенные факторы воздействия на здоровье человека и окружающую среду. Дополнительные факторы, требующие учета в ходе такого анализа, приводятся ниже:

#### **6.8.1 Дополнительные факторы, требующие учета при выборе места для новых установок по сжиганию твердых бытовых отходов**

1. Имеется ли точный прогноз относительно объема и характера не подвергаемых регенерации твердых бытовых отходов в будущей зоне обслуживания?
2. Будет ли количество поступающих отходов достаточным для непрерывной работы установки?
3. Предусмотрены ли в прогнозе какие-то программы минимизации количества отходов, регенерации и рециркуляции?

4. Имеется ли необходимая транспортная инфраструктура для сбора и перевозки отходов?
5. Исследована ли вероятность наложения ограничений на перевозки отходов между странами и внутри каких-либо стран?
6. Есть ли рынки для сбыта любых отделяемых на месте материалов?
7. Есть ли рынки для сбыта избытков пара и электроэнергии, вырабатываемых установкой?
8. Есть ли экологически надежные возможности удаления остатков от сжигания?

#### **6.8.2       Дополнительные факторы, требующие учета при выборе места для новой установки по сжиганию опасных отходов**

1. Имеется ли точный прогноз объема и характера опасных отходов, которые будут образовываться в планируемой зоне обслуживания?
2. Будет ли количество поступающих опасных отходов достаточным для непрерывной работы установки?
3. Имеется ли необходимая транспортная инфраструктура для сбора и перевозки отходов?
4. Если предусматривается доставка отходов из других стран, получены ли необходимые разрешения на перевозку отходов через границы?
5. Заключены ли необходимые соглашения с поставщиками о безопасной упаковке и транспортировке отходов?
6. Есть ли рынки для сбыта избытков пара и электроэнергии, вырабатываемых установкой?
7. Есть ли экологически надежные возможности обработки и удаления остатков от сжигания?

#### **6.8.3       Дополнительные факторы, требующие учета при выборе места для новой установки по сжиганию осадков сточных вод**

1. Имеется ли точный прогноз объема и характера осадка сточных вод, который будет образовываться в планируемой зоне обслуживания?
2. Будет ли количество поступающего осадка достаточным для непрерывной работы установки?
3. Известно ли, будут осадки сточных вод смешиваться с промышленными и другими отходами в планируемой зоне обслуживания или нет?
4. Предусматривается ли сжигание осадков совместно с твердыми бытовыми отходами или использование их в качестве вспомогательного топлива для получения пара или электроэнергии?
5. Есть ли рынки для сбыта избытков пара и электроэнергии, вырабатываемых установкой?
6. Есть ли экологически надежные возможности обработки и удаления остатков от сжигания?

#### **6.9           Реконструкция существующих установок для сжигания отходов**

Вопрос о реконструкции существующей установки для сжигания отходов может встать по нескольким причинам. Ими могут быть необходимость увеличения производственной мощности, необходимость капитального ремонта, желательность модернизации для повышения эффективности горения и получения энергии и необходимость установки средств контроля загрязнения воздуха и очистки сточных вод. Многие установки для сжигания отходов уже оснащены такими устройствами, что сильно улучшило их экологические характеристики. Перед проведением реконструкции важно, кроме упомянутых выше приоритетных соображений, рассмотреть и ряд дополнительных факторов:

1. Как может повлиять реконструкция на потенциальные выбросы веществ, перечисленных в Приложении С?
2. Если реконструкция состоит в добавлении устройств контроля загрязнений воздуха, согласована ли их пропускная способность с производительностью установки?
3. Есть ли достаточно места для установки и нормальной работы этих устройств в соответствии с НИМ? Например, недостаток места может вынудить отказаться от скрубберной системы в пользу двухступенчатой фильтрации (поскольку, хотя фильтры должны быть установлены последовательно, их не обязательно устанавливать в близком соседстве друг с другом).
4. Будут ли вновь установленные устройства работать согласованно с уже имеющимися устройствами контроля загрязнения воздуха и очистки стоков, уменьшая выбросы?

Затраты на реконструкцию существующей установки зависят от конкретных условий и могут на 25...50% превышать затраты на аналогичные модификации новой установки (European Commission 2006). Это увеличение обусловлено необходимостью дополнительных инженерных работ, демонтажа и удаления имеющегося оборудования, переустановкой соединений и потерей производительности из-за простоев, обусловленных проведением работ.

## 7. Уровни эксплуатационной эффективности, соотносимые с наилучшими имеющимися методами

При надлежащем сочетании основных и дополнительных мер, уровни выбросов ПХДД/ПХДФ в атмосферу, соотносимые с наилучшими имеющимися методами, не превышают 0,1 нг I-TEQ/нм<sup>3</sup> (при 11% O<sub>2</sub>). Отмечается также, что на должным образом спроектированных установках для сжигания отходов при нормальных рабочих условиях могут достигаться эмиссии ниже означенного уровня.

Наилучшие имеющиеся методы в отношении сбросов сточных вод из установок по очистке стоков, получаемых из скрубберов для очистки дымовых газов, предполагают уровни концентрации ПХДД/ПХДФ значительно ниже 0,1 нг I-TEQ/л.

## Ссылки на литературу

Austrian Waste Incineration Ordinance, Fed. Law Gazette Nr. II 389/2002

Basel Convention Secretariat. 2002. *Technical Guidelines on the Environmentally Sound Management of Biomedical and Health-Care Waste*. Basel Convention on the Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes and Their Disposal, UNEP, Geneva.

European Commission. 2006. *Reference Document on the Best Available Techniques for Waste Incineration*. BAT Reference Document (BREF). European IPPC Bureau, Seville, Spain. [eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm](http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm).

European Council Directive on the landfill of waste (1999/31/EC)

European Directive on the Incineration of Waste (2000/76/EC)

Stubenvoll J., Böhmer S. et al. 2002. *State of the Art for Waste Incineration Plants*. Umweltbundesamt, Vienna.

[www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/umweltthemen/industrie/pdfs/english\\_version.pdf](http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/umweltthemen/industrie/pdfs/english_version.pdf).

Umweltbundesamt Berlin. 2001. Draft of a German Report for the creation of a BREF-document "Waste Incineration" Umweltbundesamt Berlin

UNEP (United Nations Environment Programme) Basel Convention Technical Guidelines: General technical guidelines for the environmentally sound management of wastes consisting of, containing or contaminated with persistent organic pollutants (POPs); 2005

## (ii) Медицинские отходы

### Резюме

Сжигание медицинских отходов (инфицированных, биологических, острых предметов) в специальных установках осуществляется как для минимизации химических, биологических и физических рисков, так и для уменьшения объема отходов в качестве этапа подготовки их к экологически безопасному захоронению.

Если условия сжигания медицинских отходов не соответствуют наилучшим имеющимся методам и наилучшим видам природоохранной деятельности, существует возможность выброса ПХДД и ПХДФ в относительно больших концентрациях. Применение наилучших имеющихся методов в небольших установках часто представляет значительные трудности из-за больших затрат на строительство, эксплуатацию, обслуживание и мониторинг соответствующих устройств.

Возможными альтернативами сжиганию являются стерилизация (паром, усовершенствованная паровая или сухим теплом), СВЧ-обработка, основной гидролиз и биологическая обработка или, в некоторых случаях, захоронение на свалках. Самым важным этапом подготовки медицинских отходов к переработке является сортировка их на месте образования. Поскольку 75-90% больничных отходов сопоставимы с твердыми бытовыми отходами, сортировка сильно уменьшает объем собственно медицинских отходов. Большое значение имеет эффективное регулирование отходов, в частности минимизация их объема и сортировка на месте образования.

Для сокращения выбросов ПХДД/ПХДФ в окружающую среду необходимы мероприятия по надлежащей обработке зольных остатков и остатков от очистки дымовых газов. Применение наилучших имеющихся методов в установках по сжиганию отходов также позволяет снизить эмиссии хлористого водорода и металлов (в частности, ртути), а также последующие эмиссии от остатков, направляемых на захоронение на свалках.

При сжигании даже одни только основные меры обеспечивают существенное уменьшение выбросов веществ, перечисленных в Приложении С к Стокгольмской Конвенции. Однако реализация наилучших имеющихся методов требует использования и основных, и дополнительных мер.

При надлежащем сочетании основных и дополнительных мер достигаются уровни выбросов в атмосферу ПХДД/ПХДФ не выше 0,1 нг I-TEQ/нм<sup>3</sup> (при 11% кислорода), соответствующие наилучшим имеющимся методам. Отмечается также, что на адекватно спроектированных установках по сжиганию отходов при нормальных рабочих условиях уровни выбросов могут быть ниже означенного порога.

Наилучшие имеющиеся методы в отношении сбросов сточных вод из установок по очистке стоков, получаемых из скрубберов для очистки дымовых газов, предполагают уровни концентрации ПХДД/ПХДФ значительно ниже 0,1 нг I-TEQ/л.

## 1. Введение

Настоящий раздел посвящен наилучшим имеющимся методам и наилучшим видам природоохранной деятельности в области (термической) обработки медицинских отходов (или «отходов здравоохранения»), поскольку установки по сжиганию медицинских отходов означены в Стокгольмской Конвенции, Части II, как категории источников, могущие приводить к существенному выбросу химических веществ, перечисленных в Приложении С к Стокгольмской Конвенции.

Настоящий раздел посвящен почти исключительно инфицированным медицинским отходам. Когда отходы, сопоставимые с бытовыми, надлежащим образом отделяются от инфицированных отходов, их можно удалять при помощи систем удаления бытовых отходов. Однако, при отсутствии эффективной сортировки отходов и эффективных систем управления и обучения персонала, обслуживающего такие системы, общий объем потенциально инфицированных отходов, подлежащих специальной обработке, значительно увеличивается.

Другие методы, в частности стерилизация инфицированных отходов, не дают выбросов химических веществ, перечисленных в Приложении С. Преимущества, недостатки и применимость этих методов уже были рассмотрены, и здесь детально рассматриваться не будут.

## 2. Категории медицинских отходов

Большие количества отходов нескольких категорий образуются в больницах. Существуют и другие источники медицинских отходов: службы скорой помощи, центры переливания крови и диализа, лаборатории, центры исследований, проводимых на животных, и банки крови. От 75 до 90% медицинских отходов безопасны и подобны бытовому мусору. Они образуются в основном в административных и хозяйственных подразделениях медицинских учреждений, а также в ходе эксплуатации и ремонта зданий этих учреждений. Оставшиеся 10-25% медицинских отходов считаются опасными и могут представлять серьезную угрозу здоровью. Инфицированы меньше 10% этих отходов, а остальные представляют собой токсичные химикаты, цитотоксичные лекарства, а также горючие и радиоактивные отходы.

Различные типы медицинских отходов могут классифицироваться следующим образом:

1. Инфицированные медицинские отходы (опасные);
2. Колюще-режущие отходы (опасные);
3. Анатомические и патологические отходы (части тела и т.д.);
4. Химические, токсические или фармацевтические отходы, включая цитотоксичные лекарства (противоопухолевые препараты) (в основном опасные);
5. Радиоактивные отходы;
6. Общие неинфицированные отходы (стекло, бумага, упаковочные материалы, продукты питания).

В настоящих руководящих принципах используются следующие определения, взятые из *Технических указаний по экологически обоснованному обращению с биомедицинскими и медицинскими отходами* (Basel Convention Secretariat 2002):

### 2.1. Инфицированные медицинские отходы<sup>3</sup>

К инфицированным медицинским отходам относятся выброшенные материалы и оборудование, загрязненные кровью больных с опасными легко передающимися заболеваниями, производными крови, другими жидкостями тела или выделениями. В эту категорию также входят загрязненные отходы от подвергнутых гемодиализу больных с заболеваниями, передающимися через кровь (части оборудования для гемодиализа, например трубки и фильтры, а также одноразовые простыни, белье, фартуки, перчатки или лабораторные халаты, испачканные кровью); а также лабораторные отходы (посуда из под культур и штаммов любых жизнеспособных, искусственно выращиваемых биологических агентов, включая чашки и любые устройства для переноса, прививок и смешивания культур инфицирующих агентов, а также отходы зараженных животных в лабораториях).

<sup>3</sup> Истолкование определения инфицированных медицинских отходов зависит от обстановки в стране, политики и законодательства. Международные организации (ВОЗ, ООН и др.) имеют свои истолкования. Инфицированность является одной из характеристик опасности, перечисленных в Приложении III к Базельской Конвенции, и отнесена к классу H6.2.

## 2.2. Биологические отходы

Биологические отходы включают все части тела и другие анатомические отходы, включая кровь, биологические жидкости и патологические отходы, распознаваемые общественностью и медицинским персоналом и требующие, по этическим причинам, особых условий удаления.

## 2.3. Колюще-режущие предметы

В эту категорию включаются все медицинские и биомедицинские отходы, содержащие острые или режущие части, которые могут поранить или проткнуть кожу, проникая таким образом через кожные барьеры человека. Колюще-режущие предметы от инфицированных пациентов с опасными легко передающимися заболеваниями и из изоляторов, а также другие острые предметы, загрязненные вышеперечисленными лабораторными отходами, должны считаться инфицированными отходами.

## 3. Альтернативные методы в отношении новых и существующих источников

### 3.1. Новые источники

При решении вопроса о методе удаления отходов из медицинских учреждений первоочередное внимание следует уделить альтернативным процессам, методам и практике, имеющим аналогичную полезность, но позволяющим избежать образования и выброса химических веществ, перечисленных в Приложении С.

Поскольку капиталовложения в установки для сжигания отходов, в которых используются наилучшие имеющиеся методы, и затраты на эксплуатацию, обслуживание и мониторинг таких установок велики, работа установок для сжигания редко бывает эффективной и экономичной, особенно это относится к небольшим установкам при больницах. Об этом свидетельствует и тот факт, что многие небольшие установки не были модернизированы, а были просто закрыты.

Таким образом, во многих случаях могут быть предпочтительными такие методы обработки медицинских отходов, как паровая стерилизация в пределах учреждения и иные методы, не связанные со сжиганием. В иных случаях централизованное сжигание медицинских отходов предпочтительнее сжигания на мелких установках на местах образования этих отходов. Поэтому обработка медицинских отходов должна быть составной частью плана управления отходами, принятого в стране или в регионе.

### 3.2. Существующие источники

Неадекватная конструкция, эксплуатация, оборудование и мониторинг многих существующих малых установок для сжигания медицинских отходов при больницах не позволяют отнести эти установки к числу использующих наилучшие имеющиеся методы. Установки для сжигания медицинских отходов, не оснащенные сложными устройствами для уменьшения загрязнения окружающей среды, выделяют в атмосферу множество разных загрязнителей, в том числе ПХДД, ПХДФ, металлы (в частности, свинец, ртуть и кадмий), твердые частицы, кислые газы (HCl, SO<sub>2</sub>), окись углерода (CO) и окислы азота (NO<sub>x</sub>). Эти выбросы оказывают серьезное вредное воздействие на уровень безопасности работников установок, здоровье населения и состояние окружающей среды.

Ключевым фактором при рассмотрении методов удаления медицинских отходов являются затраты на модернизацию старых установок. При оценке затрат на установки по сжиганию, применяющие наилучшие имеющиеся методы, необходимо учитывать различные факторы, включая требуемые капиталовложения, расходы на эксплуатацию как самой установки, так и скрубберов и других устройств для уменьшения загрязнения окружающей среды, стоимость установки камеры дожигания на старые установки, а также затраты на периодическую проверку дымовых труб, непрерывный мониторинг, обучение и аттестацию персонала и на обслуживание и ремонт, особенно в связи с износом и разрушением огнеупорных материалов.

В свете всего изложенного закрытие существующих неудовлетворительных установок следует рассматривать в прямой связи с внедрением альтернативных методов обработки отходов или передачей отходов на централизованные установки по обработке медицинских отходов.

### 3.3. Альтернативные методы

Следующие альтернативные методы не приводят к образованию и выбросам химических веществ, перечисленных в Приложении С к Стокгольмской конвенции, и должны рассматриваться как приоритетные в целях окончательного исключения выбросов таких веществ. Более подробные сведения об этих методах приведены в Basel Convention Secretariat 2002.

Для инфицированных и биологических отходов и отходов, содержащих колюще-режущие предметы, широко применяются перечисленные ниже методы.<sup>4</sup> Для успешного применения этих методов необходима эффективная программа управления отходами, описанная в подразделе 4 настоящего раздела. Рассматриваемые ниже системы нельзя применять для переработки опасных химических и химиотерапевтических отходов, летучих органических соединений, ртути и радиоактивных отходов, так как это приведет к выбросу токсичных веществ в атмосферу, конденсат или в обработанные отходы.

Альтернативные методики, такие как стерилизация, СВЧ обработка, щелочной гидролиз и биологическая обработка, требуют окончательного удаления остатков в специально оборудованных санитарных свалках.

Работники должны быть обучены использованию этих методов, правильному обращению с отходами, а также эксплуатации и обслуживанию оборудования. Еще одним фактором является профессиональное воздействие на работников химических дезинфицирующих препаратов путем неорганизованных выбросов, случайных протечек или проливов из контейнеров для хранения отходов, сбросов из установок по обработке либо выбросов летучих химических веществ из обработанных отходов или жидких стоков. Химические дезинфицирующие вещества иногда хранятся в концентрированном виде, что повышает представляемую ими опасность.

Поскольку для химических процессов обычно требуется измельчение отходов, фактором озабоченности может стать выброс патогенных микроорганизмов с образованием аэрозолей. Обычно технологии на основе химических процессов действуют по принципу замкнутого фильтра либо под разреженным давлением с выпуском воздуха через НЕРА фильтр (с высокой эффективностью абсорбции твердых частиц) или другие фильтры.

При выборе технологии, не основанной на сжигании, медицинские учреждения должны учитывать следующие факторы (Health Care Without Harm Europe 2004):

- Соответствие законодательным нормам;
- Производительность;
- Виды обрабатываемых отходов;
- Эффективность микробиологической инактивации;
- Экологические выбросы и остатки отходов;
- Требования к производственной площади;
- Требования в отношении электроснабжения, отопления и пр.
- Сокращение объема отходов;
- Безопасность и гигиена труда;
- Шум;

<sup>4</sup> Данные о затратах при использовании различных методов приведены в работе *Non-Incineration Medical Waste Treatment Technologies*, chapter 11 (Health Care Without Harm 2001).



- Запах;
- Автоматизация;
- Надежность;
- Уровень коммерциализации;
- Репутация производителя или поставщика;
- Стоимость;
- Согласие общественности и персонала.

### 3.3.1. Стерилизация паром

Стерилизация паром представляет собой воздействие на отходы насыщенным паром под повышенным давлением в автоклаве. Такая обработка не вызывает кардинального изменения состояния отходов и не уменьшает их объема, если только не используется предварительное измельчение. Если потоки отходов не были должным образом отсортированы для предотвращения попадания опасных химических веществ (например, таких как противоопухолевые лекарства или тяжелые металлы - ртуть) в камеру обработки, то может происходить выброс токсических загрязнителей в атмосферу, конденсат или обработанные отходы. При стерилизации может выделяться неприятный запах с некоторым содержанием спирта, фенолов, альдегидов и других органических соединений, но его можно свести к минимуму, применяя надлежащие устройства очистки воздуха (например, угольные фильтры или фильтры для улавливания твердых частиц). Полезно проводить независимые анализы эмиссий из автоклавов, работающих в типичных эксплуатационных условиях.

Автоклавы имеют вместимости от нескольких килограмм до нескольких тонн. Требуемые капиталовложения меньше, чем для других альтернативных сжиганию методов. Автоклавы необходимо обследовать не реже раза в год, проверяя, не произошло ли существенных сдвигов профилей изменения температуры со временем, а также показаний вакуума и давления пара.

Цикл обработки (30 мин при температуре не менее 121° C) определяется способностью тепла проникнуть в обрабатываемый материал. Некоторые типы отходов или конфигураций загрузки, при которых создаются барьеры для теплопередачи, требуют более длительной обработки или более высокой температуры. Достижение требуемого уровня дезинфекции необходимо контролировать (например, с помощью контрольных полосок или микробиологических тестов).

### 3.3.2. Усовершенствованная стерилизация паром

В новейших автоклавах, или системах стерилизации паром используется сочетание обработки паром с предварительной вакуумной откачкой и различными видами механической обработки до, во время и после обработки паром. Многие современные системы имеют также средства автоматической подачи отходов, вакуумной обработки и обезвоживания после обработки паром, охлаждения пропаренных отходов и снабжены высокоэффективными воздушными (угольными) фильтрами для удаления твердых частиц и устранения запахов.

Современные системы с внутренними измельчителями способны перерабатывать отходы, содержащие колюще-режущие предметы, и патологические отходы, включая части тела. Их недостатками являются довольно высокие стоимость и эксплуатационные расходы, связанные с работой измельчителей и других механических устройств, а также шумность в работе.

Усовершенствованные системы стерилизации паром, также как и стандартные паровые стерилизаторы, требуют надлежащей сортировки отходов во избежание выбросов опасных веществ в различные среды (см. рис.1 ниже).

### 3.3.3. СВЧ-обработка

СВЧ-стерилизация это, в сущности, стерилизация паром, поскольку дезинфекция осуществляется теплом и паром, которые получаются с помощью СВЧ-энергии. СВЧ-стерилизаторы с внутренними измельчителями способны перерабатывать патологические отходы и широко применяются для стерилизации отходов, содержащих колюще-режущие предметы. Их недостатками являются довольно высокая стоимость, шумность измельчителей и возможное выделение неприятного запаха. Такие неприятные запахи с некоторым содержанием спирта, фенолов, альдегидов и других органических соединений, могут быть сведены к минимуму, применением надлежащих устройств очистки воздуха (например, угольных фильтров и фильтров для улавливания твердых частиц).

#### **3.3.4. Стерилизация сухим теплом**

Стерилизация сухим теплом заключается в прогреве отходов при высокой температуре в течение времени, достаточного для стерилизации всей порции отходов. Как правило, стерилизация сухим теплом ведется при более высоких температурах и более длительном прогреве, чем в случае стерилизации паром. При этом обычно используется внутреннее измельчение (для уменьшения объема). Технология проста, легко автоматизируется и несложна в эксплуатации.

В системах стерилизации сухим теплом не должны обрабатываться летучие и полу-летучие органические соединения, химиотерапевтические отходы, ртуть, прочие опасные химические отходы и радиологические отходы. Возможно выделение неприятного запаха, для устранения которого в некоторых системах используются высокоэффективные воздушные или угольные фильтры. Выходящий из стерилизационной камеры теплый воздух далее охлаждается в скруббере Вентури, в котором также удаляются твердые частицы.

#### **3.3.5. Щелочной гидролиз**

Щелочной гидролиз (щелочная варка) – еще один химический процесс, применяемый для расщепления органических материалов. Он пригоден для химиотерапевтических агентов, формальдегида, фиксативов и других токсичных химикатов. В типичном процессе щелочного гидролиза используется герметический бак из нержавеющей стали, в котором отходы смешиваются со щелочным раствором и нагреваются до температуры от 110 до 150° С. В зависимости от количества отходов, концентрации щелочи и температуры варка может занимать от 3 до 8 ч. Промышленные системы щелочного гидролиза отличаются высокой степенью автоматизации. Отходы и стоки этого процесса могут потребовать дополнительной переработки.

#### **3.3.6. Биологическая переработка**

Биологическая переработка заключается в разложении отходов с помощью микроорганизмов и биохимикатов, включая использование ферментов, аэробных и анаэробных микроорганизмов. Предпочтительно проводить такую переработку в системах закрытого типа. При анаэробной обработке может выделяться неприятный запах.

#### **3.3.7. Специально оборудованные захоронения**

(а) Инфицированные отходы (т.е. инфицированные медицинские отходы, колюще-режущие отходы, анатомические и патологические отходы):

Такие отходы не должны удаляться на свалках. Однако, после стерилизации они могут считаться общими не-инфицированными отходами и либо удаляться на свалке, либо обрабатываться согласно изложенному в Разделе V.A.(i) (кроме колюще-режущих отходов, при удалении которых должны также учитываться их физические характеристики).

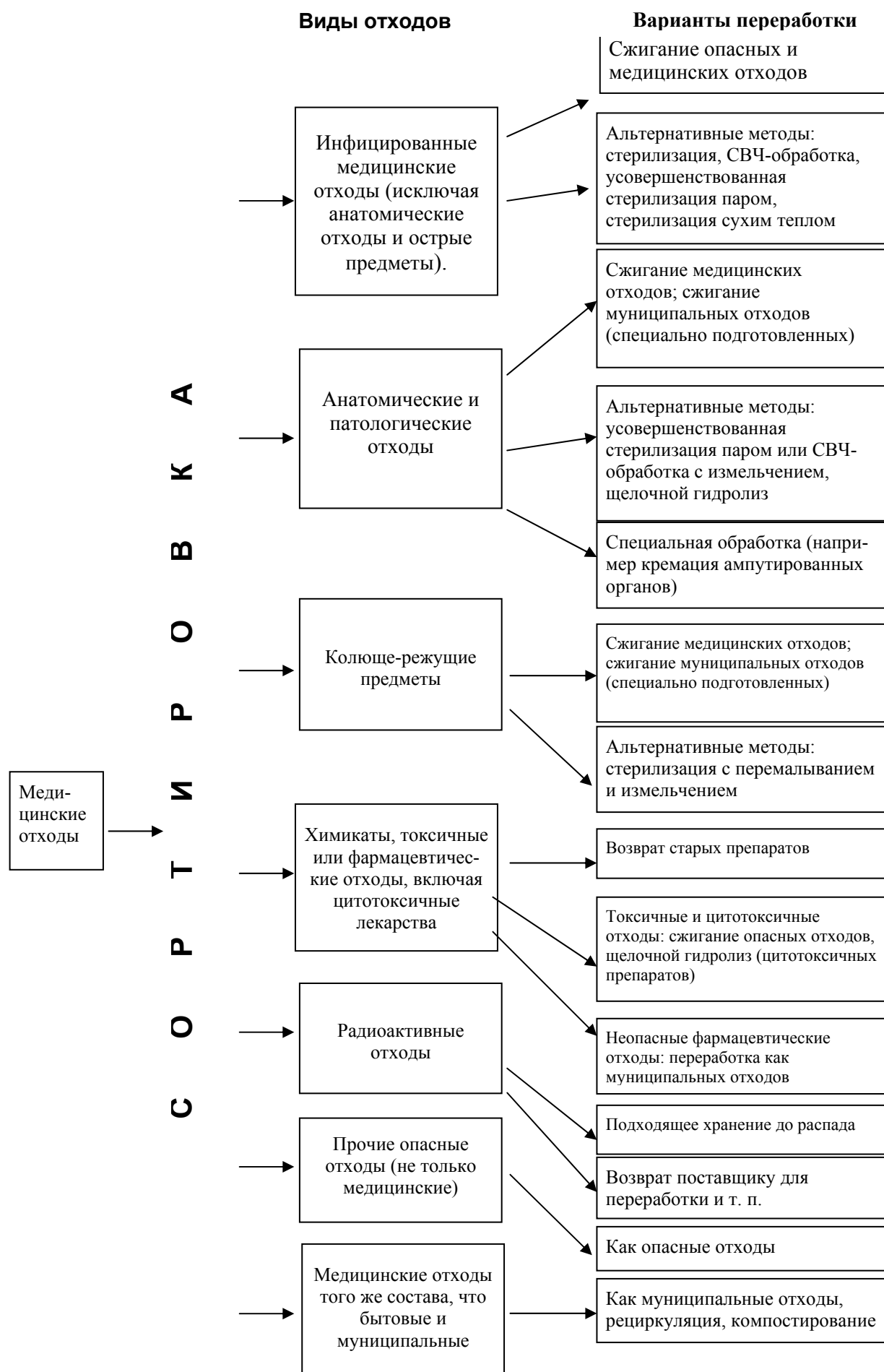
(b) Химические, токсичные, фармацевтические отходы и общие отходы:

Вариантом удаления таких отходов может быть специально оборудованная свалка (захоронение), при этом должны тщательно учитываться физические и химические свойства отходов.

(c) Радиоактивные отходы:

Такие отходы не подлежат захоронению на свалках.

Фракции, на которые должны быть рассортированы медицинские отходы, и соответствующие способы переработки этих фракций показаны на рис. 1 [взятом с некоторыми изменениями из публикации Basel Convention Secretariat 2002 (Глава 2, рис. 2)].



#### **4. Наилучшие виды природоохранной деятельности в отношении регулирования медицинских отходов**

В каждом больничном учреждении должен разрабатываться план управления отходами, предусматривающий тщательную сортировку и обработку отходов. Такой подход позволяет снизить общие издержки, связанные с окончательным удалением медицинских отходов. План управления отходами одной больницы может предусматривать обработку некоторых фракций отходов, поступающих из других больниц, что позволяет снизить стоимость и повысить экологическую эффективность общего управления отходами.

Основные цели управления больничными отходами включают:

- Сведение к минимуму риска для сотрудников, населения и окружающей среды;
- Сведение к минимуму объемов генерируемых отходов;
- Обеспечение разделения и сортировки отходов;
- Определение места сбора отходов в помещениях;
- Определение безопасных путей транспортировки отходов;
- Определение безопасного и соответствующего по всем параметрам места для временного складирования отходов;
- Экологически безопасная обработка и удаление отходов.

В рамках Базельской Конвенции о контроле за трансграничной перевозкой опасных отходов и их удалением были приняты «Общие технические указания по экологически обоснованному обращению с биомедицинскими и медицинскими отходами» (Basel Convention Secretariat 2002). Мы настоятельно рекомендуем использовать и применять эти указания, в которых предоставляется подробная информация о факторах опасности медицинских отходов, о безопасном управлении медицинскими отходами, о надлежащей сортировке и сборе отходов, о методах обработки и удаления и о наращивании потенциала.

При разработке надлежащего плана управления медицинскими отходами необходимо:

- Охарактеризовать природу и объемы различных фракций отходов;
- Определить имеющиеся возможности для сокращения или прекращения образования отходов (политика закупок, предусматривающая отказ от ненужной упаковки, оптимальный размер упаковок, инвентаризацию, оценку технологических процессов, повторное использование товаров и оборудования там, где это экономически разумно и безопасно);
- Обеспечение системы обучения и управления для эффективной сортировки и должного обращения с инфицированными, токсичными и обычными отходами;
- Подбор надлежащих контейнеров для сбора, хранения и транспортировки отходов;
- Определение соответствующих должностных обязанностей персонала;
- Описание имеющихся возможностей обработки для различных фракций отходов;
- Предоставление надлежащей документации и контроль за удалением отходов;
- Подробное описание метода и маршрута транспортировки отходов на место окончательного удаления с указанием вида окончательной обработки;
- Расчет смет и издержек по различным видам деятельности.

Чтобы обеспечить эффективную и современную обработку и удаление отходов, необходимо провести ряд предварительных мероприятий. Такие мероприятия, описанные в последующем

тексте, могут быть непосредственно связаны с сокращением или устранением выбросов химических веществ, перечисленных в Приложении С, но в то же время представляют общие принципы, относящиеся к образованию различных типов отходов и к обеспечению безопасности персонала, населения и окружающей среды.

Более подробная информация по управлению медицинскими отходами имеется в целом ряде источников (Basel Convention Secretariat 2002; WHO 2000; Health Care Without Harm Europe 2004). В настоящем же документе приводится лишь краткий обзор наиболее часто применяемых наилучших методов.

#### **4.1. Минимизация образования отходов**

Минимизация образования отходов означает сведение к минимуму или полное прекращение образования отходов у источника. Минимизация образования отходов должна считаться более приоритетной, чем рециркуляция или повторное использование отходов. Медицинский персонал, управляющие отходами и комитеты по стандартизации продукции должны знать, какая часть отходов образуется за счет покупаемых ими продуктов. Для любого плана по минимизации образования отходов чрезвычайно важна активная поддержка лиц, занимающихся закупками. Необходимо принимать меры для снижения у источника медицинских отходов, опасных отходов, радиоактивных отходов с низким уровнем излучения, а также обычных бытовых отходов. Специфические методы минимизации отходов включают (при условии, что альтернативные продукты соответствуют надлежащим требованиям гигиены и безопасности пациентов):

- Отказ от некоторых материалов, замена материалов или видов продукции;
- Технологические изменения;
- Преференциальные закупки;
- Следование наилучшей практике.

#### **4.2. Сортировка**

Сортировка отходов – это, прежде всего, ключ к эффективному регулированию медицинских отходов. Она обеспечивает выбор оптимальных маршрутов удаления отходов. Отходы должны сортироваться в соответствии с имеющимися возможностями обработки. Сортировка отходов должна производиться в подразделении, в котором образуются отходы, и как можно ближе к месту их образования (в палате, у постели больного, в анатомическом театре, в лаборатории и т. п.), причем именно теми лицами, которые создают эти отходы – санитаркой, врачом или специалистом, чтобы немедленно обеспечить изоляцию отходов и избежать необходимости опасной повторной сортировки.

#### **4.3. Рекуперация и рециркуляция отходов**

Примерами рекуперации и повторного использования материалов из отходов могут служить:

- Рециркуляция газетной бумаги, упаковочных материалов, офисных бумаг, стекла, алюминиевых банок, строительного мусора и иных рециркулируемых материалов;
- Закупка продуктов, выполненных из вторсырья;
- Компостирование органических пищевых отходов;
- Извлечение серебра из фотографических химикатов.

#### **4.4. Обучение персонала**

Персонал должен получить исчерпывающие указания о:

- Риске, связанном с медицинскими отходами;

- Классификации и кодах различных фракций отходов и критериях их классификации;
- Затратах на переработку отходов;
- Процессах регулирования отходов от их образования до удаления;
- Эксплуатации и обслуживании установок по обработке отходов;
- Ответственности;
- Последствиях ошибок и неправильного управления

#### **4.5. Сбор отходов на месте их образования**

- Обеспечение наличия подходящих небольших емкостей различного цвета для различных фракций отходов вблизи мест образования отходов;
- Надлежащая упаковка отходов: для инфицированных отходов, не содержащих колюще-режущие фракции, должны использоваться контейнеры из твердых материалов, либо пластиковые мешки, размещенные в жестких или полу-жестких контейнерах. Пластиковые мешки не должны пропускать влагу и должны быть достаточно прочными, чтобы не разрываться при нормальных условиях использования. Контейнеры для острых предметов должны быть прочными, устойчивыми к проколам и не допускать утечек. Контейнеры могут быть как многоразовыми (металлические либо из пластика, пригодного для стерилизации в автоклаве), так и одноразовыми (из толстого картона или жесткого пластика). Контейнеры для острых отходов должны снабжаться запирающими устройствами;
- Контейнеры должны иметь маркировку по видам отходов (инфицированные, цитотоксичные и т. п.);
- Контейнеры должны заполняться не более, чем на три четверти;
- Сильно инфицированные отходы во всех случаях, когда это возможно, должны подвергаться немедленной стерилизации в автоклавах. Для этого их следует помещать в мешки, допускающие соответствующую обработку.

#### **4.6. Доставка к месту промежуточного хранения**

- По заполнении первичные контейнеры следует сразу же доставлять к месту промежуточного хранения;
- Для временного хранения необходимо выделить специальное место в соответствии с рекомендациями ВОЗ, доступ в которое разрешен только уполномоченному персоналу;
- Лица, работающие с отходами, должны при их сборе, транспортировке и хранении носить защитную одежду (перчатки, обувь);
- Необходимо четко задать маршруты и сроки транспортировки отходов;
- Не допускается утаивание отходов в контейнерах, содержащих колюще-режущие и инфицированные отходы;
- Не допускается ручная сортировка инфицированных отходов.

## **5. Наилучшие имеющиеся методы, применяемые при сжигании медицинских отходов**

### **5.1. Описание процесса**

Открытое сжигание медицинских отходов не должно производиться. Сжигание является важным методом переработки и дезинфекции медицинских и биомедицинских отходов. В настоящем подразделе даются указания по сжиганию следующих (наиболее) опасных фракций этих отходов: инфицированных медицинских отходов, биологических медицинских отходов и колюще-режущих отходов.

Сжигание представляет собой высокотемпературный (850...1100° С) процесс сухого окисления, в результате которого органические и горючие отходы превращаются в негорючие неорганические вещества и резко уменьшаются их объем и масса.

Пиролиз представляет собой процесс медленного горения, в ходе которого термический процесс происходит в условиях недостатка кислорода при температурах от 500 до 600° С.

Сжигание и пиролиз следует осуществлять только на специальных установках, которые должны быть сконструированы с учетом особых характеристик опасных медицинских отходов (большого содержания воды и пластика). Поскольку рассматриваемые технологии довольно сложны, в этих установках следует сжигать только опасные фракции отходов. Другие медицинские отходы, которые подобны муниципальным отходам, должны заранее отделяться и перерабатываться другими способами.

Если инфицированные отходы не могут быть сожжены незамедлительно (в течение 48 ч), их следует хранить в охлаждаемом помещении (с температурой не выше 10° С). Рабочие помещения и помещения для хранения должны обеспечивать возможность проведения дезинфекции.

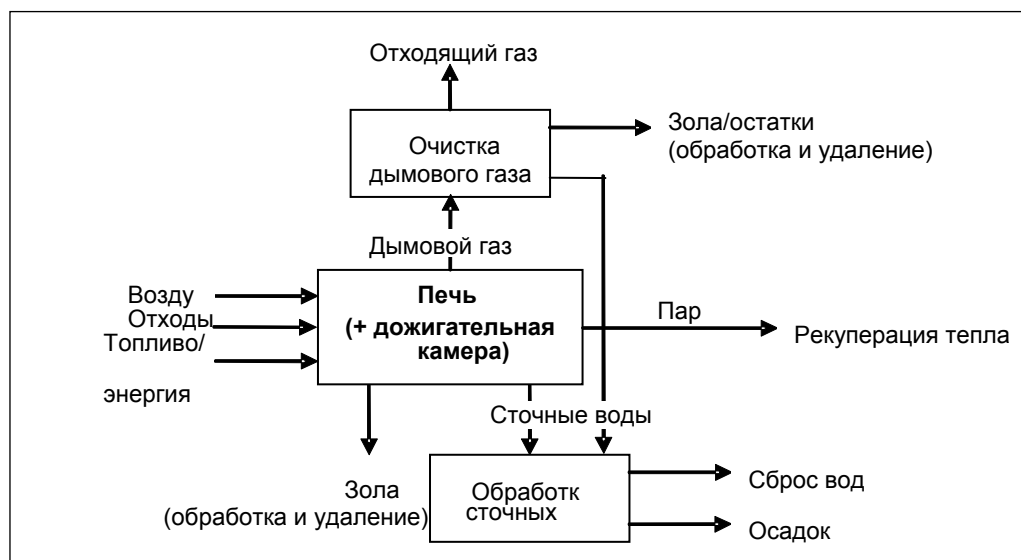
Установка для сжигания состоит из следующих основных частей (рис. 2):

- Печь.
- Камера дожигания.
- Устройства сухой, мокрой и/или каталитической очистки дымовых газов (включая адсорбционные технологии).
- Система очистки сточных вод (в случае, когда используются мокрые системы для очистки дымовых газов).

Технологиями тепловой обработки медицинских отходов, относящимися к наилучшим имеющимся методам, считаются:

- Пиролиз или газификация отходов.
- Вращающаяся печь.
- Установки с колосниковыми печами, специально приспособленные для сжигания инфицированных отходов (линии переработки муниципальных отходов).
- Установки для сжигания с кипящим слоем.
- Модульные системы.
- Однокамерные, барабанные и кирпичные установки не относятся к наилучшим имеющимся методам.



**Рис. 2. Упрощенная схема установки для сжигания.**

## 5.2. Методы термической обработки

### 5.2.1. Пиролитические установки

Пиролитические установки с камерами дожигания обычно невелики и работают в периодическом режиме. Для загрузки в установку медицинские отходы упаковываются в бочки или мешки. Более крупные установки должны иметь автоматические загрузочные устройства. На установках с системами дегазации или газификации процессы сушки, дегазации и газификации должны проводиться в реакторе до этапа сжигания.

В дистилляционную камеру, нагретую до температуры, достаточной для дистилляции отходов, отходы загружаются порциями. Газы, выходящие из дистилляционной камеры, смешиваются с непрерывным потоком воздуха в камере дожигания, которая поддерживается при температуре около 900° С за счет совместного сжигания природного газа. Газы, выходящие из камеры дожигания, охлаждаются в расположенном за ней котле и направляются в систему очистки дымовых газов. В этом котле происходит преобразование воды в пар. Пар из котла может использоваться для получения электроэнергии, а ту можно использовать для нужд больницы, жилых домов или бизнеса. Для обеспечения достаточного выгорания золы она перед выгрузкой из дистилляционной камеры дожигается с помощью газовых горелок. На небольших установках колебания в объемах загрузки и изменения состава сжигаемых отходов компенсируются при помощи использования вспомогательного топлива.

Образуемые на пиролитических установках дымовые газы содержат меньше пыли, чем на установках с обычным горением, однако здесь потребляется больше вспомогательного топлива, поэтому и объемы дымовых газов получаются большими.

Типичные производительности установок для сжигания на месте лежат в пределах от 200 кг до 10 т в сутки.

### 5.2.2. Вращающиеся печи

Другая применяемая технология основана на использовании вращающихся печей [см. также параграф 2.2 раздела V.A (i) настоящих руководящих принципов]. Медицинские отходы могут сжигаться как в небольших вращающихся печах (например, при больницах), так и, чаще, в крупных установках, применяемых для сжигания различных фракций опасных отходов.

Отходы из бункера доставляются краном в желоб, находящийся перед камерой сгорания вращающейся печи. В большинстве случаев желоб объединяется со шлюзом, из которого

отходы могут подаваться во вращающуюся печь. Вязкие и жидкие отходы могут подаваться в нее через ее переднюю стенку. В результате наклона и вращения печи отходы в ней перемешиваются и перемещаются по ее длине, что обеспечивает хороший контакт их с потоком первичного воздуха в печи. В отличие от колосниковых печей, вращающиеся печи являются замкнутыми, что позволяет вводить в них жидкие и вязкие материалы. Газы, выходящие из вращающейся печи направляются в камеру дожигания. Для поддержания высокой температуры, необходимой для полного разрушения органических соединений ( $850...1100^{\circ}\text{C}$  в зависимости от характера отходов), камеры дожигания оборудуются горелками, которые автоматически включаются, если температура падает ниже установленного предела.

В концевой части вращающейся печи образуется спеченный или расплавленный шлак. Он сбрасывается в воду в системе удаления шлака, где гранулируется. В случае спеченного шлака эта часть печи похожа на соответствующую часть системы с колосниковыми печами. Вращающиеся печи и камеры дожигания чаще всего представляют собой адиабатические системы с керамической футеровкой. Из камеры сгорания дымовые газы поступают в расположенную над ней зону, где охлаждаются примерно до  $700^{\circ}\text{C}$ , а затем в нагревательные устройства – испарители, пароперегреватели и водоподогреватели. Котлы, работающие на тепле от сжигания отходов, и системы энергопитания подобны тем, какие применяются на установках с колосниковыми печами.

Производительность таких установок (при сжигании медицинских отходов) лежит в пределах от 0,5 до 3 т/ч.

### **5.2.3. Колосниковые печи**

Для сжигания медицинских отходов в печах для бытовых отходов, последние нужно специальным образом приспособить. Если в этих печах должны сжигаться инфицированные отходы, их необходимо предварительно дезинфицировать и стерилизовать или подавать в печь в специальных контейнерах, допускающих автоматическую загрузку. Предварительного смешения с другими отходами и прямой загрузки следует избегать. Более полная информация о сжигании муниципальных отходов представлена в разделе V.A (i) настоящих Указаний.

### **5.2.4. Установки с кипящим слоем**

Установки с кипящим слоем уже много десятилетий широко применяются для сжигания тонкоизмельченных отходов (чаще всего, однородных) вроде мусорного топлива или осадков сточных вод. Такая установка представляет собой футерованную камеру сгорания в форме вертикального цилиндра. В ее нижней части постель из инертного материала (например, песка или золы), помещенного на решетку или распределительную пластину, псевдоожижается подаваемым снизу воздухом. Отходы, подлежащие сжиганию, непрерывно подаются на кипящий слой сверху или сбоку.

Подогретый воздух вводится в камеру сгорания через отверстия решетки, на которой лежит постель, образуя кипящий слой из песка, находящегося в камере сгорания. Отходы подаются в эту камеру насосным, секторным или шнековым питателем. В кипящем слое отходы подсушиваются с выделением летучих веществ, воспламеняются и сгорают. Над кипящим слоем обычно предусматривается свободное пространство для удержания газов в зоне горения, температура в которой лежит обычно в пределах от  $850$  до  $950^{\circ}\text{C}$ . Температура в самой постели ниже, составляя, например,  $650^{\circ}\text{C}$ . Благодаря хорошему перемешиванию в реакторе, системы с кипящим слоем характеризуются обычно однородным распределением температуры и кислорода, что обеспечивает стабильность процесса. Если в установках с кипящим слоем предполагается сжигать неоднородные отходы, необходима их предварительная подготовка для обеспечения соответствия требованиям к крупности. Этого соответствия можно достичь с помощью сочетания селективного сбора с предварительной обработкой, например, измельчением. В некоторых типах установок с кипящим слоем (например, с циркулирующим кипящим слоем) можно сжигать отходы с большей крупностью кусков, чем в других. В этих установках отходы могут требовать лишь самого грубого измельчения или вовсе не требовать его.

### 5.2.5. Модульные установки

Модульные установки широко применяются для сжигания общих (твердых бытовых) отходов в США, в Европе и в Азии. Модульная установка состоит из двух камер сгорания – первичной и вторичной, – установленных одна над другой. Производительность их лежит обычно в пределах от 1 до 270 т/сут. Существуют два основных типа таких установок: с избытком и с недостатком воздуха:

- В установках с избытком воздуха и первичная и вторичная камеры сгорания работают в режиме избытка воздуха (относительно стехиометрической потребности), составляющем 100-250%.
- В установках с нехваткой (или регулируемой подачей) воздуха последний подается в первичную камеру в субстехиометрическом количестве. Продукты неполного сгорания в первичной камере, захваченные потоком дымовых газов, поступают во вторичную камеру, где их сгорание завершается при более высокой температуре, поддерживаемой с помощью подачи вспомогательного топлива (обычно, природного газа). Благодаря сочетанию однородной высокой температуры во вторичной камере сгорания с турбулентным перемешиванием газов, образуется при горении и выделяется в атмосферу сравнительно мало твердых частиц и органических веществ.

### 5.3. Очистка дымовых газов

Дымовые газы установок для сжигания отходов содержат летучую золу – твердые частицы, в состав которых входят тяжелые металлы, ПХДД, ПХДФ и термостойкие органические вещества, – и такие газы, как окислы азота, серы и углерода и галогениды водорода. Неочищенные дымовые газы от сжигания в неуправляемом периодическом режиме могут содержать около 2000 нг I-TEQ/м<sup>3</sup> (UNEP 2005).<sup>5</sup>

Для обеспечения применимости наилучших имеющихся методов могут использоваться сочетания мер по очистке дымовых газов, описанных в разделах III. C (iv), V.A. (i) 6.4 настоящих руководящих принципов.

### 5.4. Переработка летучей золы, зольного остатка и сточных вод

Основными фракциями остатков являются летучая зола, шлак, осадок на фильтрах от переработки сточных вод, гипс и активированный уголь с адсорбированным на нем материалом. Эти остатки в большинстве своем опасны и требуют надлежащего удаления в безопасных захоронениях. Подходящими методами удаления являются захоронение в контейнерах с двойными стенками, отверждение с последующим захоронением и дополнительная тепловая обработка (см. также раздел V.A. (i), подраздел 5 настоящих руководящих принципов).

## 6. Сводка наилучших имеющихся методов и наилучших видов природоохранной деятельности

Кроме наилучших видов природоохранной деятельности применительно к сжиганию медицинских отходов имеется целый ряд методов сжигания, очистки дымовых газов и управления остатками, позволяющих предотвратить или свести к минимуму образование химических веществ, перечисленных в Приложении С. Подробный анализ наилучших имеющихся методов в отношении сжигания отходов приводится в «Справочном документе

<sup>5</sup> 1 нг (нанограмм) =  $1 \times 10^{-12}$  кг ( $1 \times 10^{-9}$  г); нм<sup>3</sup> = кубический метр сухого газа при нормальных условиях (0° С и 101,3 кПа). Сведения об измерении токсичности см. в подразделе 3 раздела I.C настоящего документа.

Европейской Комиссии по НИМ для сжигания отходов» (European Commission BAT Reference (BREF) Document on waste incineration) (European Commission 2006).

Имеются также методы, не основанные на сжигании (см. раздел III. С (ii) настоящего документа), которые представляют экономически и экологически разумные альтернативы сжиганию. Однако, целью настоящего подраздела является перечисление наилучших имеющихся методов применительно к процессу сжигания. Наилучшие имеющиеся методы для сжигания включают конструкцию, эксплуатацию и техническое содержание установки для сжигания отходов, которые позволяют эффективно уменьшить образование и выбросы химических веществ, перечисленных в Приложении С.

При рассмотрении наилучших имеющихся методов, описанных ниже применительно к сжиганию отходов, важно помнить, что оптимальное решение относительно выбора той или иной установки по сжиганию может быть разным для различных местных условий. Перечисленные ниже наилучшие имеющиеся методы не являются контрольным списком для выбора лучшего местного решения, поскольку для такого выбора потребуются более подробный учет местных условий, чем это может быть сделано в документе, описывающем наилучшие имеющиеся методы в целом. Поэтому простое сочетание отдельных элементов, означенных ниже как наилучшие имеющиеся методы без учета местных условий, вряд ли позволят получить оптимальное для местных условий решение в отношении всего комплекса экологических вопросов (European Commission 2006).

Применение наилучших имеющихся методов в сжигательных установках также позволяет сократить выбросы хлористого водорода и металлов (в частности, ртути). Надлежащая обработка зольного остатка и остатков от очистки дымовых газов чрезвычайно важна для сокращения выбросов ПХДД/ПХДФ в окружающую среду и позволяет также уменьшить последующие выбросы от остатков, удаленных на свалки.

В отношении процесса сжигания применение даже только основных мер позволяет значительно сократить выбросы химических веществ, перечисленных в Приложении С к Стокгольмской конвенции. Однако, реализация наилучших имеющихся методов требует применения как основных, так и дополнительных мер. При надлежащем сочетании основных и дополнительных мер уровни эксплуатационных выбросов ПХДД/ПХДФ в атмосферу не выше, чем  $0,1 \text{ нг I-TEQ/нм}^3$  (при 11% кислорода) соотносятся с наилучшими имеющимися методами. Далее отмечается, что на должным образом спроектированной установке для сжигания отходов при нормальных рабочих условиях могут быть достигнуты уровни выбросов ниже означенного порога.

Наилучшие имеющиеся методы для стоков установок по очистке сточных вод, получающих стоки скрубберов очистки дымовых газов, соотносятся с уровнями концентраций ПХДД/ПХДФ значительно ниже  $0,1 \text{ нг I-TEQ}$ .

Краткое изложение наилучших видов природоохранной деятельности и наилучших имеющихся методов применительно к сжиганию медицинских отходов приводится в таблицах ниже.

Таблица 1. Общие указания

Мера	Описание	Соображения	Примечания
Сортировка отходов	Четкая классификация, отделение медицинских отходов на месте их образования от прочих отходов и сортировка по категориям для минимизации количества требующих переработки отходов		Напрямую не влияет на уменьшение количества веществ, перечисленных в Приложении С, но является составной частью единой концепции регулирования отходов
Альтернативные процессы	Если существующие и планируемые установки не могут обеспечить требуемые характеристики, в первую очередь нужно рассмотреть альтернативные процессы с меньшим потенциальным влиянием на окружающую среду	В число процессов, альтернативных сжиганию инфицированных медицинских отходов, входят: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Стерилизация паром</li> <li>• Усовершенствованная стерилизация паром</li> </ul> СВЧ-обработка Стерилизация сухим теплом Биологическая переработка Щелочной гидролиз Захоронение	

Таблица 2. Сжигание медицинских отходов: Технологии сжигания представляющие наилучшие имеющиеся методы

Технология	Соображения	Примечания
Пиролиз	Применим для небольших (от 200 кг до 10 т в сутки) установок и переработки на месте	Велики капитальные и эксплуатационные затраты и необходимо хорошее обучение персонала
Вращающаяся печь	Годится для установок средней мощности (0,5-3 т/час)	Необходимо водяное охлаждение печей, велики капитальные и эксплуатационные затраты, необходимо хорошее обучение персонала и велико потребление энергии
Колосниковые печи (для сжигания твердых бытовых отходов)		Использование водяного охлаждения решеток, установки для сжигания ТБО требуют специальной адаптации для сжигания медицинских отходов (например, автоматической загрузки); не допускаются предварительное смешивание инфицированных отходов и ручная загрузка.
Установки с кипящим слоем		
Модульные системы	Производительность 1-270 т/сут	

**Таблица 3. Сжигание медицинских отходов: Общие меры**

<b>Варианты регулирования</b>	<b>Характеристики выбросов</b>	<b>Прочие соображения</b>
Не сжигать отходы, если не приняты специальные меры для уменьшения выбросов веществ, перечисленных в Приложении С (основные и дополнительные меры; см. таблицы 5 и 6)	Возможны выбросы химических веществ, перечисленных в Приложении С, и летучих металлов	Необходимо помнить о возможности присутствия галогенов в отходах и принять надлежащие основные и дополнительные меры (см. таблицы 5 и 6) Необходимо помнить о возможности присутствия тяжелых металлов в отходах и принять надлежащие дополнительные меры (см. таблицу 6)
Надлежащая транспортировка, хранение и сохранность медицинских отходов в соответствии с их типами	Непосредственно на уменьшение выбросов, веществ, перечисленных в Приложении С, не влияют, но являются частью единой концепции регулирования отходов	
Размещение установки: Централизованное сжигание опасных медицинских отходов предпочтительнее сжигания на местах		
Сжигание медицинских отходов только на специализированных установках или на крупных установках для сжигания опасных отходов		Особенности медицинских отходов (большое содержание воды и пластика) требуют применения специального оборудования
Если инфицированные отходы сжигаются не в специальной установке для сжигания медицинских отходов, то подавать их в установку следует с помощью отдельной системы загрузки	Непосредственно на уменьшение выбросов, веществ, перечисленных в Приложении С, не влияют, но являются частью единой концепции регулирования отходов	
Не сжигать радиоактивные отходы	Выбросов веществ, перечисленных в Приложении С, не уменьшает	

**Таблица 4. Сжигание медицинских отходов: Организационные меры**

Меры	Соображения
<p>Хорошее обучение персонала</p> <p>Периодическое обслуживание установки (очистка камеры сгорания, прочистка каналов подачи воздуха и горелок). Персонал должен выполнять эти работы в защитной одежде</p> <p>Регулярное или непрерывное измерение концентраций загрязнителей</p> <p>Внедрение мониторинга окружающей среды (разработка стандартных протоколов мониторинга)</p> <p>Разработка и внедрение систем аудита и отчетности</p> <p>Создание общей инфраструктуры, мощение, организация вентиляции</p> <p>Оценка влияния на окружающую среду и обсуждение с общественностью выбора места размещения установки для сжигания отходов</p>	<p>Для обслуживания установки требуются квалифицированные операторы. Нужно помнить, что квалифицированные операторы должны быть задействованы в течение всего срока работы установки (20 и более лет). Перед закупкой высоко технологичных установок для сжигания следует уточнить, можно ли найти таких операторов в данном регионе. Если нет, то медицинское учреждение должно либо обратиться к другим технологиям дезинфекции своих отходов, либо заключить контракт на сжигание их на местной региональной установке.</p> <p>Необходимо также заключать долгосрочные контракты на ремонт и техническое обслуживание, модернизацию (при необходимости) и окончательную обработку и удаление твердых остатков, образуемых в результате сжигания.</p>

**Таблица 5. Основные меры и оптимизация процесса для уменьшения выбросов ПХДД и ПХДФ**

Меры по оптимизации условий горения	Прочие соображения
<p>Введение отходов в камеру сгорания только при температуре не ниже 850° С; установки должны быть оснащены автоматическими системами, которые не позволяют подавать отходы, пока не будет достигнута нужная температура</p>	<p>Необходимо переоснащение для всего процесса</p>
<p>Установка вспомогательных горелок (для операций пуска и остановки)</p>	
<p>Как можно реже останавливать и вновь запускать процесс</p>	
<p>По возможности предотвращать падение температуры ниже 850° С и возникновение холодных областей в дымовых газах</p>	
<p>Обеспечение достаточного содержания кислорода; контроль содержания кислорода регулированием его подачи в зависимости от теплоты сгорания отходов и постоянства их характеристик</p>	<p>Среднее содержание кислорода: 6% по объему</p>

Меры по оптимизации условий горения	Прочие соображения
Обеспечение достаточной продолжительности обработки ( $\geq 2$ с) во вторичной камере сгорания после последней инъекции воздуха, а также поддержание температуры $> 850^\circ\text{C}$ ( $1100^\circ\text{C}$ для отходов с высоким содержанием галогенорганических соединений, например, больше 1%) и 6% $\text{O}_2$	Достаточная продолжительность обработки особенно важна из-за большого содержания воды и пластиков в отходах
Обеспечение интенсивной турбулентности дымовых газов и уменьшения избытка воздуха, т. е. впуск вторичного воздуха или рециркуляция дымовых газов; предварительный подогрев воздуха, регулирование его подачи	Оптимизация расхода воздуха позволяет получать более высокие температуры
Мониторинг параметров горения (температуры, содержания $\text{O}_2$ , $\text{CO}$ и пыли) в реальном времени; управление процессом горения с центрального пульта	

Таблица 6. Дополнительные меры

Варианты регулирования	Характеристики выбросов	Применимость	Прочие соображения
<b>Обеспыливание</b>			
Предотвращение отложений твердых частиц с помощью сажеочистителей, механических встряхивателей, акустических или паровых сажесдувателей; частая очистка путей прохождения дымовых газов с температурами в критическом диапазоне			Сдувание сажи паром может увеличить образование ПХДД и ПХДФ
Эффективное удаление пыли с помощью следующих мер:	Остаточные выбросы $< 10\%$ по сравнению с неуправляемым режимом	Средняя	Удаление ПХДД и ПХДФ, адсорбированных на частицах
Тканевые фильтры	Остаточные выбросы 1-0,1%	Более высокая	Применимы при $T < 260^\circ\text{C}$ (в зависимости от материала)
Керамические фильтры			Новая технология, применима при $800-1000^\circ\text{C}$ ; при сжигании отходов применяется редко
Циклоны (только для предварительной очистки дымовых газов)	Низкая эффективность	Средняя	Эффективны только для крупных частиц
Электростатическое осаждение	Средняя эффективность		Применимо при $450^\circ\text{C}$ ; способствует <i>de novo</i>



Варианты регулирования	Характеристики выбросов	Применимость	Прочие соображения
			синтезу ПХДД и ПХДФ; малоэффективно для мелких частиц, увеличивает выброс $\text{NO}_x$ , уменьшает рекуперацию тепла
Высокоэффективный адсорбционный блок с введением частиц активированного угля (электродинамический эффект Вентури)			Для удаления тонкой пыли
<b>Уменьшение выбросов веществ, перечисленных в Приложении С, с помощью:</b>			
Каталитического окисления	Высокая эффективность [< 0,1 нг ТЕQ/м <sup>3</sup> ]	Большие капиталовложения, малые эксплуатационные расходы	Только для газов, необходимо предварительное удаление тяжелых металлов и пыли, дополнительное уменьшение $\text{NO}_x$ при добавлении $\text{NH}_3$ ; требуется много места; во многих случаях возможна регенерация катализатора изготовителем; перегрев при больших концентрациях $\text{CO}$ ; большее потребление энергии из-за повторного нагрева дымовых газов; отсутствие твердых остатков
Быстрого охлаждения газа			В установках для сжигания отходов применяется редко
Тканевых фильтров, покрытых катализатором	Высокая эффективность [< 0,1 нг ТЕQ/м <sup>3</sup> ]		Например, тефлоновых; с параллельным обеспыливанием; меньшее загрязнение пыли с фильтров благодаря разрушению ПХДД и ПХДФ на поверхности катализатора
Разных методов мокрой и сухой адсорбции на смесях с активированным углем, коксом, известью и известковыми растворами в реакторах с неподвижным, подвижным и кипящим слоями			
Реактора с неподвижным слоем и адсорбцией на активированном угле или коксе	[< 0,1 нг ТЕQ/м <sup>3</sup> ]	Большие капиталовложения, средние эксплуатационные	Требуется много места, необходимы удаление твердых остатков очистки дымовых газов (опасных отходов) и непрерывный

Варианты регулирования	Характеристики выбросов	Применимость	Прочие соображения
		расходы	мониторинг СО; увеличенный выброс пыли из-за возможной агрегации с частицами угля; расход кокса в 2-5 раз больше расхода активированного угля; возможно сжигание используемых адсорбентов; опасность пожаров и взрывов
Реактора с захваченным потоком или циркулирующим кипящим слоем с добавлением активированного кокса и извести или известковых растворов и с последующим тканевым фильтром	[< 0,1 нг ТЕQ/м <sup>3</sup> ]	Малые капиталовложения, средние эксплуатационные расходы	На установках для сжигания только медицинских отходов применяется редко; необходимо удаление твердых остатков от очистки дымовых газов (опасные отходы); опасность пожаров и взрывов
<p>Переработки летучей золы, зольного остатка и сточных вод:</p> <p>Удаления в безопасных захоронениях (например, подземных)</p> <p>Каталитической переработки пылей с тканевых фильтров при низких температурах потоков и нехватке кислорода</p> <p>Промывки пылей с тканевых фильтров с помощью ЗR-процесса (экстракция тяжелых металлов кислотами)</p> <p>Сжигания с целью разрушения органических веществ (например во вращающейся печи с последующей фильтрацией тканевым фильтром и промывкой в скруббере)</p> <p>Витрификации или иных способов иммобилизации (например обетонирования) пылей с тканевых фильтров с последующим их захоронением</p> <p>Применения плазменных технологий (новые методы)</p>			Осадки от переработки сточных вод и охлаждения летучей золы опасны. Дымовые газы можно вернуть в камеру сгорания установки

## **7. Уровни эксплуатационной эффективности, соотносимые с наилучшими имеющимися методами**

При надлежащем сочетании основных и дополнительных мер уровни выбросов в воздух ПХДД/ПХДФ, ассоциируемые с наилучшими имеющимися методами, не превышают 0,1 нг I-TEQ/м<sup>3</sup> (при 11% кислорода). Далее отмечается, что на адекватно спроектированной установке по сжиганию отходов при нормальных рабочих условиях могут достигаться уровни выбросов ниже означенного порога.

Наилучшие имеющиеся методы для стоков установок по очистке сточных вод, получающих стоки скрубберов очистки дымовых газов, предполагают уровни концентрации ПХДД/ПХДФ значительно ниже 0,1 нг I-TEQ/л.

## Ссылки на литературу

- Basel Convention Secretariat. 2002. *Technical Guidelines on the Environmentally Sound Management of Biomedical and Health-Care Waste*. Basel Convention on the Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes and Their Disposal, UNEP, Geneva.
- Health Care Without Harm. 2001. *Non-Incineration Medical Waste Treatment Technologies*. Chapter 11. Health Care Without Harm, Washington, D.C. [www.noharm.org/nonincineration](http://www.noharm.org/nonincineration).
- Health Care Without Harm Europe. 2004. *Non-Incineration Medical Waste Treatment Technologies in Europe*. [www.noharm.org](http://www.noharm.org).
- UNEP (United Nations Environment Programme). 2005. *Standardized Toolkit for Identification and Quantification of Dioxin and Furan Releases*. UNEP, Geneva. [www.pops.int/documents/guidance/Toolkit\\_2005.pdf](http://www.pops.int/documents/guidance/Toolkit_2005.pdf).
- WHO (World Health Organization). 1999. *Safe Management of Wastes from Health Care Activities*. WHO, Geneva.
- WHO (World Health Organization). 2004 *Safe health-care waste management*; Policy Paper
- UNEP (United Nations Environment Programme). 2005 Basel Convention Technical Guidelines: General technical guidelines for the environmentally sound management of wastes consisting of, containing or contaminated with persistent organic pollutants (POPs).

## Прочие источники

- CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment). 2001. *Canada-Wide Standards for Dioxins and Furans for Incineration*. CCME, Winnipeg. [www.ccme.ca/initiatives/standards.html?category\\_id=50#23](http://www.ccme.ca/initiatives/standards.html?category_id=50#23).
- EPA (United States Environmental Protection Agency). 1997. *Standards of Performance for New Stationary Sources and Emission Guidelines for Existing Sources: Hospital/Medical/Infectious Waste Incinerators: Final Rule*. 40 CFR Part 60. EPA, Washington, D.C. [www.epa.gov/fedrgstr/EPA-AIR/1997/September/Day-15/a23835.htm](http://www.epa.gov/fedrgstr/EPA-AIR/1997/September/Day-15/a23835.htm).
- EPA (United States Environmental Protection Agency). 2000. *Federal Plan Requirements for Hospital/Medical/Infectious Waste Incinerators Constructed on or before June 20, 1996: Final Rule*. 40 CFR Part 62. EPA, Washington, D.C. [www.epa.gov/fedrgstr/EPA-AIR/2000/August/Day-15/a20341.htm](http://www.epa.gov/fedrgstr/EPA-AIR/2000/August/Day-15/a20341.htm).
- EPA (United States Environmental Protection Agency). 2004. *National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants: Proposed Standards for Hazardous Air Pollutants for Hazardous Waste Combustors*. Draft. EPA, Washington, D.C. [www.epa.gov/fedrgstr](http://www.epa.gov/fedrgstr).
- European Commission. 2000. "Directive 2000/76/EC on the Incineration of Waste." *Official Journal of the European Communities* L332:91.
- European Commission. 2006. *Reference Document on Best Available Techniques for Waste Incineration*. BAT Reference Document (BREF). European IPPC Bureau, Seville, Spain. [eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm](http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm).
- Giroletti E. and Lodola L. 1993. *Waste Treatment and Management*. Medical Waste Treatment: ISPRA courses. [unipv.it/webgiro/ricerch/Public/ISPRA93-medicalWaste.pdf](http://unipv.it/webgiro/ricerch/Public/ISPRA93-medicalWaste.pdf).
- Institute for Environmental Medicine and Hospital Hygiene. 2000. "Practical Guide for Optimising the Disposal of Hospital Waste: Reduction and Utilisation of Hospital Waste, with the Focus on Hazardous, Toxic and Infectious Waste." *LIFE96ENV/D/10*. University Clinical Centre, Freiburg.
- Stubenvoll J., Böhmer S. et al. 2002. *State of the Art for Waste Incineration Plants*. Umweltbundesamt, Vienna. [www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/umweltthemen/industrie/pdfs/english\\_version.pdf](http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/umweltthemen/industrie/pdfs/english_version.pdf).

UNECE (United Nations Economic Commission for Europe). 1998. *Protocol to the 1979 Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution on Persistent Organic Pollutants*. New York and Geneva. [www.unece.org/env/lrtap/full%20text/1998.POPs.e.pdf](http://www.unece.org/env/lrtap/full%20text/1998.POPs.e.pdf).

UNEP (United Nations Environment Programme). 2005. *Standardized Toolkit for Identification and Quantification of Dioxin and Furan Releases Edition 2.1*. UNEP, Geneva. [www.chem.unep.ch/pops/pcdd\\_activities/toolkit/Toolkit%20-%20version/Toolkit-2005\\_2-1\\_en.pdf](http://www.chem.unep.ch/pops/pcdd_activities/toolkit/Toolkit%20-%20version/Toolkit-2005_2-1_en.pdf).