

**Руководящие принципы по  
наилучшим  
имеющимся методам и предварительные  
указания  
по наилучшим видам природоохранной  
деятельности применительно к Статье 5 и  
Приложению С Стокгольмской конвенции  
о  
стойких органических  
загрязнителях**

**ЖЕНЕВА, ШВЕЙЦАРИЯ, ДЕКАБРЬ 2006 Г.**

## ОГЛАВЛЕНИЕ

### Раздел I : Введение

<b>I. A</b>	Цель
<b>I. B</b>	СТРУКТУРА ДОКУМЕНТА И ПРИМЕНЕНИЕ РУКОВОДЯЩИХ ПРИНЦИПОВ И УКАЗАНИЙ
<b>I. C</b>	ХИМИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА, ПЕРЕЧИСЛЕННЫЕ В ПРИЛОЖЕНИИ С: ОПРЕДЕЛЕНИЕ, РИСКИ, ТОКСИЧНОСТЬ
<b>I. D</b>	Статья 5 и Приложение С Стокгольмской конвенции
<b>I. E</b>	Взаимосвязь с Базельской конвенцией
<b>I. F</b>	Взаимосвязь с другими проблемами окружающей среды

### Раздел II: РАССМОТРЕНИЕ АЛЬТЕРНАТИВ ПРИМЕНЕНИЯ НАИЛУЧШИХ ИМЕЮЩИХСЯ МЕТОДОВ

<b>II. A</b>	РАССМОТРЕНИЕ АЛЬТЕРНАТИВ В СТОКГОЛЬМСКОЙ КОНВЕНЦИИ
<b>II. B</b>	Стокгольмская Конвенция и новые источники
<b>II. C</b>	РАССМОТРЕНИЕ АЛЬТЕРНАТИВ В ОТНОШЕНИИ НОВЫХ ИСТОЧНИКОВ: ПРИМЕНЕНИЕ КОНТРОЛЬНОГО ПЕРЕЧНЯ
<b>II. D</b>	ПРОЧИЕ РАССМОТРЕНИЯ В СТОКГОЛЬМСКОЙ КОНВЕНЦИИ

### Раздел III: Наилучшие имеющиеся методы и наилучшие виды природоохранной деятельности : Руководящие указания, принципы и соображения, являющиеся общими для всех источников

<b>III.A</b>	Руководящие указания
<b>III.B</b>	Общие принципы
<b>III.C</b>	РАССМОТРЕНИЯ, ЯВЛЯЮЩИЕСЯ ОБЩИМИ ДЛЯ ВСЕХ ИСТОЧНИКОВ: (i) ХИМИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА, ПЕРЕЧИСЛЕННЫЕ В ПРИЛОЖЕНИИ С : МЕХАНИЗМЫ ОБРАЗОВАНИЯ (ii) РАССМОТРЕНИЕ РЕГУЛИРОВАНИЯ ОТХОДОВ (iii) СОВМЕСТНАЯ ПОЛЬЗА ОТ НАИЛУЧШИХ ИМЕЮЩИХСЯ МЕТОДОВ ДЛЯ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ, ПЕРЕЧИСЛЕННЫХ В ПРИЛОЖЕНИИ С (iv) РЕГУЛИРОВАНИЕ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ И ИНЫХ ОТХОДОВ (v) ПОДГОТОВКА ОТВЕТСТВЕННЫХ СОТРУДНИКОВ И ТЕХНИЧЕСКОГО ПЕРСОНАЛА (vi) ТЕСТИРОВАНИЕ, МОНИТОРИНГ И ОТЧЕТНОСТЬ ПО ВЫБРОСАМ

### Раздел IV: Компиляция резюме разделов V и VI

### Раздел V: Указания и руководящие принципы по категориям источников – Часть II приложения С

<b>V.A</b>	Установки для сжигания отходов
<b>V.B</b>	Цементные печи для сжигания опасных отходов
<b>V.C</b>	Производство целлюлозы с использованием элементарного хлора или образующих элементарный хлор химических веществ
<b>V.D</b>	Термические процессы в металлургической промышленности

### Раздел VI: Указания и руководящие принципы по категориям источников- Часть III Приложения С

<b>VI.A</b>	ОТКРЫТОЕ СЖИГАНИЕ ОТХОДОВ, ВКЛЮЧАЯ СЖИГАНИЕ МУСОРНЫХ СВАЛОК
<b>VI.B</b>	ТЕРМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ, НЕ УПОМЯНУТЫЕ В ПРИЛОЖЕНИИ С, ЧАСТЬ II
<b>VI.C</b>	БЫТОВЫЕ ИСТОЧНИКИ ПРОДУКТОВ СГОРАНИЯ
<b>VI.D</b>	ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ И ПРОМЫШЛЕННЫЕ КОТЛЫ, РАБОТАЮЩИЕ НА ИСКОПАЕМОМ ТОПЛИВЕ
<b>VI.E</b>	УСТАНОВКИ ДЛЯ СЖИГАНИЯ ДРЕВЕСНОГО ТОПЛИВА И ДРУГИХ ТОПЛИВНЫХ БИОМАСС
<b>VI.F</b>	КОНКРЕТНЫЕ ПРОЦЕССЫ ПРОИЗВОДСТВА ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ, СОПРЯЖЕННЫЕ С ВЫБРОСОМ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ, ПЕРЕЧИСЛЕННЫХ В ПРИЛОЖЕНИИ С
<b>VI.G</b>	КРЕМАТОРИИ
<b>VI.H</b>	ТРАНСПОРТНЫЕ СРЕДСТВА, ПРЕЖДЕ ВСЕГО РАБОТАЮЩИЕ НА ЭТИЛИРОВАННОМ БЕНЗИНЕ
<b>VI.I</b>	УНИЧТОЖЕНИЕ ТУШ ЖИВОТНЫХ
<b>VI.J</b>	КРАШЕНИЕ И ОТДЕЛКА В ТЕКСТИЛЬНОЙ И КОЖЕВЕННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
<b>VI.K</b>	УСТАНОВКИ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ОТСЛУЖИВШИХ СВОЙ СРОК АВТОМОБИЛЕЙ
<b>VI.L</b>	ОБРАБОТКА МЕДНЫХ КАБЕЛЕЙ ТЛЕЮЩИМ ОГНЕМ
<b>VI.M</b>	ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ПЕРЕРАБОТКЕ ОТРАБОТАННЫХ МАСЕЛ

**Раздел I**  
**Введение**

## Содержание

<b>I.A.</b>	<b>ЦЕЛЬ</b> .....	<b>3</b>
<b>I.B.</b>	<b>СТРУКТУРА ДОКУМЕНТА И ПРИМЕНЕНИЕ РУКОВОДЯЩИХ ПРИНЦИПОВ И УКАЗАНИЙ</b> .....	<b>5</b>
<b>I.C.</b>	<b>ХИМИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА, ПЕРЕЧИСЛЕННЫЕ В ПРИЛОЖЕНИИ С: ОПРЕДЕЛЕНИЕ, РИСКИ, ТОКСИЧНОСТЬ</b> .....	<b>6</b>
1.	КАКИЕ ХИМИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА ПЕРЕЧИСЛЕННЫ В ПРИЛОЖЕНИИ С? .....	6
1.1.	<i>Определение</i> .....	6
1.2.	<i>Характеристики</i> .....	6
1.3.	<i>Применения</i> .....	6
2.	КАКИЕ РИСКИ ДЛЯ ЧЕЛОВЕКА ПРЕДСТАВЛЯЮТ ХИМИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА, ПЕРЕЧИСЛЕННЫЕ В ПРИЛОЖЕНИИ С? .....	6
2.1.	<i>Воздействие</i> .....	6
2.2.	<i>ПХДД и ПХДФ</i> .....	6
2.3.	<i>ПХБ</i> .....	7
2.4.	<i>ГХБ</i> .....	7
3.	КАК ИЗМЕРЯЕТСЯ ТОКСИЧНОСТЬ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ, ПЕРЕЧИСЛЕННЫХ В ПРИЛОЖЕНИИ С? .....	7
3.1.	<i>Токсический эквивалент</i> .....	7
3.2.	<i>Толерантная доза</i> .....	8
	Ссылки на источники .....	9
<b>I.D.</b>	<b>СТАТЬЯ 5 И ПРИЛОЖЕНИЕ С СТОКГОЛЬМСКОЙ КОНВЕНЦИИ</b> .....	<b>10</b>
<b>I.E.</b>	<b>ВЗАИМОСВЯЗЬ С БАЗЕЛЬСКОЙ КОНВЕНЦИЕЙ</b> .....	<b>15</b>
<b>I.F.</b>	<b>ВЗАИМОСВЯЗЬ С ИНЫМИ ЭКОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОБЛЕМАМИ</b> .....	<b>16</b>

## Таблицы

Таблица 1. Коэффициенты токсического эквивалента .....	8
36	

## Вставки

Вставка 1. Статья 5 Стокгольмской конвенции .....	10
Вставка 2. Приложение С к Стокгольмской конвенции .....	12

## I.A. Цель

Согласно Стокгольмской конвенции о стойких органических загрязнителях, Стороны должны, в одних случаях, содействовать использованию наилучших имеющихся методов, а в других случаях требовать использования наилучших имеющихся методов, а также содействовать применению наилучших видов природоохранной деятельности. Таким образом, Стороны должны:

- В течение двух лет после даты вступления в силу настоящей Конвенции для этой Стороны разработать план действий (национальный или региональный), предназначенный для идентификации, определения свойств и решения вопросов выбросов химических веществ, перечисленных в Приложении С Конвенции; такой план должен включать кадастры источников, а также учитывать категории источников, приведенные в Частях II и III Приложения С (подпараграф (а) Статьи 5);
- Применительно к **новым источникам**:
- Содействовать и, в соответствии с графиком осуществления своего плана действий, требовать использования наилучших имеющихся методов для новых источников в рамках категорий источников, которые Сторона определила как требующие принятия таких мер, с уделением особого внимания на начальном этапе категориям источников, указанным в Части II Приложения С; требование относительно использования наилучших имеющихся методов в отношении новых источников в рамках категорий, указанных в Части II, должно вводиться постепенно по мере возможности, но не позднее, чем через четыре года после вступления Конвенции в силу для данной Стороны (подпараграф (d) Статьи 5);
- Содействовать, в отношении указанных выше категорий, использованию наилучших видов природоохранной деятельности (подпараграф (d) Статьи 5);
- Содействовать, в соответствии со своим планом действий, применению наилучших имеющихся методов и наилучших видов природоохранной деятельности в отношении новых источников в рамках категорий источников, указанных в Части III Приложения С, которые не рассматривались Стороной в рамках приведенного выше подпункта (подпараграф (d) (ii) Статьи 5);
- Применительно к **существующим источникам**:
- Содействовать, в соответствии со своим планом действий, применению наилучших имеющихся методов и наилучших видов природоохранной деятельности в отношении существующих источников в рамках категорий источников, указанных в Части II Приложения С, и в отношении источников, которые приводятся в Части III этого Приложения (подпараграф (d) (i) Статьи 5).

При использовании наилучших имеющихся методов и наилучших видов природоохранной деятельности в вышеприведенных целях, Стороны должны учитывать общие указания относительно принятия мер по предотвращению и сокращению выбросов, изложенные в Приложении С, и руководящие принципы по наилучшим имеющимся методам и наилучшим видам природоохранной деятельности, которые будут приняты в соответствии с решением Конференции Сторон (см. подпараграфы (d) и (e) Статьи 5).

Конференция Сторон Стокгольмской Конвенции на своем первом заседании в Пунто-дель-Эсте в Уругвае 2-6 мая 2005 года своим решением SC-1/19 учредила Группу экспертов по наилучшим имеющимся методам и наилучшим видам природоохранной деятельности с мандатом на проведение дальнейшей работы по расширению и усилению, где это необходимо, «проекта руководящих принципов по наилучшим имеющимся методам и указаний по наилучшим видам природоохранной деятельности применительно к Статье 5 и

#### 4 РАЗДЕЛ 1. Введение

Приложению С Стокгольмской Конвенции о стойких органических загрязнителях»<sup>1</sup>, что отражено в документе UNEP/POPS/COP.1/INF/7.

Конференция Сторон Стокгольмской конвенции на своем третьем совещании, которое прошло с 30 апреля по 4 мая 2007 года в Дакаре (Сенегал), решением SC-3/5 приняла настоящий обновленный проект руководящих принципов по наилучшим имеющимся методам и предварительных указаний по наилучшим видам природоохранной деятельности и предложила Сторонам и иным странам направлять в Секретариат комментарии по их опыту претворения в жизнь вышеозначенных обновленных руководящих принципов.

В соответствии со Статьей 5 Конвенции, данные руководящие принципы и указания, после принятия их по решению Конференции Сторон, должны учитываться при применении наилучших имеющихся методов и наилучших видов природоохранной деятельности согласно подпараграфам (d) и (e) Статьи 5. Они могут также использоваться при принятии решений на уровне страны в ходе осуществления планов действий и других мероприятий, связанных с обязательствами сторон согласно Статье 5 и Приложению С.

---

<sup>1</sup> Проект руководящих принципов по наилучшим имеющимся методам и указаний по наилучшим видам природоохранной деятельности применительно к Статье 5 и Приложению С Конвенции был разработан Группой экспертов по наилучшим имеющимся методам и наилучшим видам природоохранной деятельности, созданной для этих целей на шестой сессии Межправительственного Комитета для ведения переговоров, наделенного мандатом на разработку международного имеющего обязательную юридическую силу документа об осуществлении международных мер в отношении определенных стойких органических загрязнителей (см. UNEP/POPS/INC.6/22, параграф 75).

## **I.B. Структура документа и применение руководящих принципов и указаний**

**Раздел I** настоящего документа является вводной частью и включает изложение цели и структуры настоящего документа, краткое описание характеристик химических веществ, приведенных в Приложении С Стокгольмской конвенции, а также представляемых ими рисков; текст непосредственно имеющих отношение к данному вопросу положений Стокгольмской конвенции, Статьи 5 и Приложения С; краткое изложение мер, которые необходимо принять согласно вышеозначенным положениям; разъяснение взаимосвязи означенных положений с Базельской конвенцией о контроле за трансграничной перевозкой опасных отходов и их удалением.

**Раздел II** содержит указания по рассмотрению альтернатив, включая контрольный перечень, который может применяться при использовании наилучших имеющихся методов в отношении новых источников, а также информацию по иным вопросам, затрагиваемым в Стокгольмской конвенции.

**Раздел III** включает общие указания, применимые принципы и описания параметров, характерных для категорий с множественными источниками.

**Раздел IV** представляет компиляцию резюме по каждой категории источников, рассматриваемых в разделах V и VI.

**Разделы V и VI** содержат конкретные руководящие принципы по каждой категории источников, приведенной в Части II и Части III Приложения С Стокгольмской конвенции. В рамках каждого из руководящих принципов в отношении конкретного источника приводится следующая информация:

- Описание процесса;
- Источники химических веществ, перечисленных в Приложении С;
- Основные и дополнительные меры;
- Уровни эксплуатационных показателей;
- Отчетность по эксплуатационным показателям;
- Примеры.

По каждому из руководящих принципов приводятся ссылки на справочные и библиографические материалы.



## **I.C. Химические вещества, перечисленные в Приложении С: Определение, риски, токсичность**

### **1. Какие химические вещества перечислены в Приложении С?**

#### **1.1. Определение**

Химические вещества, перечисленные в Приложении С Стокгольмской конвенции, включают: полихлорированные дибензо-п-диоксины (ПХДД), полихлорированные дибезофураны (ПХДФ), полихлорированные бифенилы (ПХБ) и гексахлорбензол (ГХБ).

#### **1.2. Характеристики**

Химические вещества, перечисленные в Приложении С, кроме того, что они являются веществами с документированной токсичностью, обладают стойкостью, способностью к биоаккумуляции и переносу на большие расстояния. Стойкие химические вещества не являются быстро разложимыми в окружающей среде. Биоаккумулирующиеся химические вещества обычно являются жирорастворимыми и накапливаются в организмах высших трофических уровней, включая человека. Химические вещества, перечисленные в Приложении С, будучи полувolatile веществами, подвергаются серии испарений и конденсаций в окружающей среде, что способствует их переносу.

#### **1.3. Применения**

ПХДД и ПХДФ никогда не использовались в качестве товарной продукции, они также не являлись предметом преднамеренного производства в каких-либо иных, чем лабораторных целях.

ПХБ применялись в качестве охлаждающих и смазочных агентов в трансформаторах, конденсаторах и ином электрооборудовании, поскольку они трудно воспламеняемы и являются хорошими изоляторами. Среди продуктов, содержащих ПХБ, можно назвать арматуру люминесцентных светильников и электроприборы, содержащие ПХБ конденсаторы.

ГХБ широко использовался в качестве пестицида для фунгицидной обработки семян лука и сорго, пшеницы и других зерновых. ГХБ также использовался при изготовлении пиротехники, боеприпасов и синтетического каучука. Он также используется в качестве растворителя при производстве пестицидов.

Нижеследующие руководящие принципы и указания, тем не менее, применимы не к коммерческому производству ПХБ и ГХБ, а к тем процессам, которые ведут к непреднамеренному образованию и выбросу этих веществ.

### **2. Какие риски для человека представляют химические вещества, перечисленные в Приложении С?**

#### **2.1. Воздействие**

Поскольку данные химические вещества присутствуют повсюду в окружающей среде, почти все живые существа, включая человека, подвергаются воздействию химических веществ, перечисленных в Приложении С. Такое воздействие происходит главным образом через жиросодержащие пищевые продукты, включая грудное молоко, но может также наблюдаться в аварийных ситуациях и в случае профессионального поражения. Ухудшение здоровья, связанное с таким воздействием, зависит от ряда факторов, включая уровень воздействия, длительность и частоту периодов воздействия.

#### **2.2. ПХДД и ПХДФ**

Большая часть информации о токсичности этих химических веществ основывается на экстенсивных исследованиях наиболее токсичного вещества из этой группы – 2,3,7,8 – тетрахлордибензо-п-диохина (ТХДД) на экспериментальных животных. ТХДД и

родственные вещества могут оказывать широкий спектр воздействий на животных и вероятно могут оказывать многие из подобных воздействий на человека.

Международное агентство по изучению рака (МАИР) Всемирной Организации Здравоохранения (ВОЗ) на основе изучения случаев массивного аварийного и профессионального воздействия определило 2,3,7,8-ТХДД как наиболее токсичный из всех диоксинов, оказывающий канцерогенное воздействие на человеческий организм. Исследования на животных также показали повышенный риск раковых заболеваний в результате длительного воздействия ПХДД/ПХДФ.

Воздействие ТХДД приводит у ряда экспериментальных животных к широкому спектру репродуктивных нарушений и аномалий развития, включая пониженную жизнеспособность, структурные изменения, замедление роста и функциональные нарушения. Также имеются данные о нейроповеденческих нарушениях, воздействии на иммунную и эндокринные системы, включая щитовидную железу. В результате полученных в экспериментах на животных данных, особенно при высоких дозах воздействия, но в некоторых случаях - при дозах, значимых для человеческого организма, ученые выражают озабоченность по поводу возможности подобного эффекта на организм человека, особенно воздействия в пренатальной фазе на развитие ребенка.

### **2.3. ПХБ**

Наиболее часто встречаемыми проявлениями воздействия на здоровье людей экспозиции большим количеством ПХБ являются кожные заболевания. Исследования рабочих, подвергавшихся воздействию ПХБ, показали изменения в анализах мочи и крови, которые могут свидетельствовать о поражении печени. При массовых отравлениях в Юшо (Yusho)(Япония) и Ю-Ченг (Yucheng)(Тайвань), в каждом из которых пострадало около 2000 человек, люди подвергались воздействию высоких концентраций ПХБ и ПХДФ, поступавших в их организм с загрязненным рисовым маслом. Согласно данным МАИР, в обеих когортах, среди прочих факторов, встречаемость заболеваний печени со смертельным исходом была в 2-3 раза выше, чем в среднем по стране. В результате воздействия ПХБ на общее население кожные заболевания и заболевания печени маловероятны. В большинстве исследований воздействия ПХБ на здоровье общего населения изучались дети матерей, подвергшихся экспозиции ПХБ.

МАИР определило, что ПХБ вероятно могут иметь канцерогенный эффект на организм человека. Некоторые исследования групп рабочих показали, что воздействие ПХБ ассоциируется с некоторыми видами раковых заболеваний человека, таких как рак печени и желчевыводящих протоков. Крысы, поедавшие пищу с высоким содержанием ПХБ в течение двух лет, заболели раком печени.

ПХБ может также ассоциироваться с эндокринными нарушениями и аномалиями развития. Женщины, подвергавшиеся воздействию относительно высоких уровней ПХБ на рабочем месте, либо потреблявшие в больших количествах рыбу, загрязненную ПХБ, рожали детей несколько меньшего веса, чем дети матерей, не подвергшихся такой экспозиции. У младенцев, рожденных от матерей, потреблявших загрязненную ПХБ рыбу, также выявлялись аномалии по результатам поведенческого тестирования. Некоторые из таких аномалий, например нарушения моторных навыков и снижение кратковременной памяти, продолжались в течение нескольких лет.

### **2.4. ГХБ**

Департамент по вопросам здравоохранения и сферы услуг США определил, что ГХБ может с достаточным основанием относиться к канцерогенным веществам. Исследования на животных показали, что длительное потребление в пищу больших количеств ГХБ может нанести урон печени, щитовидной железе, нервной системе, костной ткани, почкам, крови, иммунной и эндокринной системам.

## **3. Как измеряется токсичность химических веществ, перечисленных в Приложении С?**

### **3.1. Токсический эквивалент**

Наиболее токсичные вещества из группы ПХДД/ПХДФ имеют хлор во 2, 3, 7 и 8 позиции. Наибольшей токсичностью среди ПХБ обладают вещества, в которых молекула может принимать планарную структуру, аналогичную ПХДД/ПХДФ. Токсичность смесей этих веществ оценивается через токсический эквивалент (ТЕQ).

Для оценки ТЕQ в отношении смеси, объем каждого из токсичных компонентов группы умножается на его весовой коэффициент относительно наиболее токсичного вещества - 2,3,7,8-ТХДД. Этот весовой коэффициент называется токсическим эквивалентным фактором (ТЕF). Первая схема таких коэффициентов по 17 ПХДД/ПХДФ была составлена Комитетом НАТО по вызовам, стоящим перед современным обществом, в 1988 году и была названа I-TEFs. В 1997 году ВОЗ составил таблицу ТЕF для двадцати девяти из 419 ПХДД, ПХДФ и ПХБ, которая была обновлена в 2005 г. (Таблица 1). ГХБ не имеет приписанного ему ТЕF.

### 3.2. Толерантная доза

Толерантная дневная доза (ТDІ) определяется как количество потребленного химического вещества на килограмм массы тела в день, которое не должно приводить к выраженным нарушениям здоровья при потреблении в таком количестве ежедневно в течение жизни. По определению ВОЗ, принятому в 1998 году, ТDІ в отношении химических веществ, характеризующихся ТЕQ, составляет 1-4 пг/кг массы тела в день.<sup>2</sup> В 2001 году Совместная комиссия экспертов по пищевым добавкам ФАО/ВОЗ установила предварительный уровень толерантной месячной дозы (РТMІ) в 70 пг/кг массы тела в месяц, что примерно соответствует 2,3 пг/кг массы тела в день.

**Таблица 1. Коэффициенты токсического эквивалента**

Конгенер	ВОЗ/1997 ТЕFs для млекопитающих	I-TEFs	ВОЗ/2005 ТЕFs для млекопитающих
<b>ПХДД</b>			
2,3,7,8-ТХДД	1	1	1
1,2,3,7,8-ПеХДД	1	0.5	1
1,2,3,4,7,8- ГкХДД	0.1	0.1	0.1
1,2,3,6,7,8- ГкХДД	0.1	0.1	0.1
1,2,3,7,8,9- ГкХДД	0.1	0.1	0.1
1,2,3,4,6,7,8- ГпХДД	0.01	0.01	0.01
1,2,3,4,6,7,8,9- ОХДД	0.0001	0.001	0.0003
<b>ПХДФ</b>			
2,3,7,8-ТХДФ	0.1	0.1	0.1
1,2,3,7,8-ПеХДФ	0.05	0.05	0.03
2,3,4,7,8- ПеХДФ	0.5	0.5	0.3
1,2,3,4,7,8- ГкХДФ	0.1	0.1	0.1
1,2,3,6,7,8- ГкХДФ	0.1	0.1	0.1
1,2,3,7,8,9- ГкХДФ	0.1	0.1	0.1
2,3,4,6,7,8- ГкХДФ	0.1	0.1	0.1
1,2,3,4,6,7,8-ГпХДФ	0.01	0.01	0.01
1,2,3,4,7,8,9-ГпХДФ	0.01	0.01	0.01
1,2,3,4,6,7,8,9-ОХДФ	0.0001	0.001	0.0003
<b>ПХБ</b>			

<sup>2</sup> 1 пг (пикограмм) =  $1 \times 10^{-15}$  килограмм ( $1 \times 10^{-12}$  грам).

Конгенер	ВОЗ/1997 TEFs для млекопитающих	I-TEFs	ВОЗ/2005 TEFs для млекопитающих
<b>ПХБ</b>			
<b>ИЮПАК (IUPAC) № Структура</b> Не-орто-замещенное кольцо			
77 3,3',4,4'- ТХБ	0.0001	Нет данных	0.0001
81 3,4,4',5- ТХБ	0.0001		0.0003
126 3,3',4,4',5- ПеХБ	0.1		0.1
169 3,3',4,4',5,5'- ГхХБ	0.01		0.03
моно-орто-замещенное кольцо			
105 2,3,3',4,4'- ПеХБ	0.0001		0.00003
114 2,3,4,4',5- ПеХБ	0.0005		0.00003
118 2,3',4,4',5- ПеХБ	0.0001		0.00003
123 2',3,4,4',5- ПеХБ	0.0001		0.00003
156 2,3,3',4,4',5- ГхХБ	0.0005		0.00003
157 2,3,3',4,4',5'- ГхХБ	0.0005		0.00003
167 2,3',4,4',5,5'- ГхХБ	0.00001		0.00003
189 2,3,3',4,4',5,5'- ГпХБ	0.0001		0.00003

## ССЫЛКИ НА ИСТОЧНИКИ

### Документы

Government of Japan. 2003. *Dioxins*. Information pamphlet. Government of Japan, Ministry of the Environment, Environmental Management Bureau, Office of Dioxins Control.

### Веб-сайты

International Agency for Research on Cancer (IARC) Monographs. <http://monographs.iarc.fr>.

Joint Food and Agriculture Organization of the United Nations / World Health Organization (FAO/WHO) Expert Committee on Food Additives (JECFA), fifty-seventh meeting, Rome, 5–14 June 2001. *Summary And Conclusions*.

<http://www.fda.gov/ohrms/dockets/dockets/95s0316/95s-0316-rpt0254-05-vol1186.pdf>.

United States Center for Disease Control. *TOXFAQs for Hexachlorobenzene*. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. [www.atsdr.cdc.gov/tfacts90.html](http://www.atsdr.cdc.gov/tfacts90.html).

United States Center for Disease Control. *TOXFAQs for Polychlorinated Biphenyls*. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. [www.atsdr.cdc.gov/tfacts17.html](http://www.atsdr.cdc.gov/tfacts17.html).

WHO (World Health Organization). *Dioxins and Their Effect on Human Health*. WHO, Geneva. [www.who.int/mediacentre/factsheets/fs225/en/](http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs225/en/).

WHO (World Health Organization). 2005. Project for the re-evaluation of human and mammalian toxic equivalency factors (TEFs) of dioxins and dioxin-like compounds, [http://www.who.int/ipcs/assessment/tef\\_update/en/](http://www.who.int/ipcs/assessment/tef_update/en/).

## I.D. Статья 5 и Приложение С Стокгольмской конвенции

### Вставка 1. Статья 5 Стокгольмской конвенции

#### СТАТЬЯ 5

##### Меры по сокращению или ликвидации выбросов в результате непреднамеренного производства

Каждая Сторона, как минимум, принимает следующие меры, направленные на сокращение совокупных выбросов из антропогенных источников каждого из химических веществ, перечисленных в Приложении С, в целях их постоянной минимизации и там, где это осуществимо, окончательного устранения:

- (а) разрабатывает план действий или, если это необходимо, региональный или субрегиональный план действий в течение двух лет после вступления в силу настоящей Конвенции для этой Стороны и впоследствии осуществляет его в качестве составной части плана осуществления, указанного в статье 7, предназначенного для идентификации, определения свойств и решения вопросов выбросов химических веществ, перечисленных в Приложении С, а также для содействия осуществлению подпунктов "b" - "e". План действий включает следующие элементы:
- (i) Оценка существующих и прогнозируемых выбросов, включая разработку и ведение кадастров источников и оценку выбросов с учетом категорий источников, указанных в Приложении С;
  - (ii) Оценка эффективности законов и политики Стороны, направленных на урегулирование таких выбросов;
  - (iii) Стратегии, направленные на выполнение обязательств, с учетом оценок, упомянутых в подпунктах "i" и "ii";
  - (iv) Меры по содействию просвещению, подготовке кадров и повышению осведомленности по вопросам, касающимся этих стратегий;
  - (v) Проведение каждые пять лет обзора хода реализации стратегий и достигнутого благодаря им успеха в деле выполнения обязательств, предусмотренных в рамках этого пункта; такие обзоры включаются в доклады, представляемые в соответствии со статьей 15;
  - (vi) График выполнения плана действий, в том числе намеченных в нем стратегий и мер;
- (b) Содействует применению имеющихся, осуществимых и практических мер, которые могли бы оперативным образом обеспечить либо ликвидацию источника, либо реальное и существенное сокращение уровней выбросов;
- (c) содействует разработке и, если она считает это необходимым, требует использования заменяющих или видоизмененных материалов, продуктов и процессов в целях предупреждения образования и выбросов химических веществ, перечисленных в Приложении С, с учетом общих указаний в отношении мер по предотвращению и сокращению выбросов, изложенных в Приложении С, а также руководящих принципов, которые будут приняты в соответствии с решением Конференции Сторон;
- (d) содействует и, в соответствии с графиком осуществления своего плана действий, требует использования наилучших имеющихся методов для новых источников в рамках категорий источников, которые Сторона определила как требующие принятия таких мер в рамках своего плана действий, с уделением особого внимания на начальном этапе категориям источников, указанным в части II Приложения С. В любом случае требование относительно использования наилучших имеющихся методов в отношении новых источников в рамках категорий, указанных в части II данного Приложения, должно вводиться постепенно по мере возможности, но быть введено не позднее чем через четыре года после вступления Конвенции в силу для данной Стороны. В отношении указанных категорий Стороны учитывают общие указания относительно принятия мер по предотвращению и сокращению выбросов, изложенные в этом Приложении, и руководящие принципы относительно наилучших имеющихся методов и наилучших видов природоохранной деятельности,

которые будут приняты в соответствии с решением Конференции Сторон;

(е) содействует в соответствии со своим планом действий применению наилучших имеющихся методов и наилучших видов природоохранной деятельности в отношении:

(i) существующих источников в рамках категорий источников, указанных в части II Приложения С, и в отношении источников, которые приводятся в части III этого Приложения; и

(i) (ii) новых источников в рамках категорий источников, указанных в части III Приложения С, которые Стороной не рассматривались в рамках подпункта "d".

При использовании наилучших имеющихся методов и наилучших видов природоохранной деятельности Стороны должны учитывать общие указания относительно принятия мер по предотвращению и сокращению выбросов, изложенные в Приложении С, и руководящие принципы по наилучшим имеющимся методам и наилучшим видам природоохранной деятельности, которые будут приняты в соответствии с решением Конференции Сторон;

(f) для целей настоящего пункта и Приложения С:

(i) "наилучшие имеющиеся методы" означают наиболее эффективный и продвинутый этап в разработке мероприятий и методов их применения, которые указывают на практическую приемлемость конкретных методов обеспечения в принципе основы для ограничения выбросов, призванные предупредить и, там, где это осуществимо, в целом обеспечивать сокращение выбросов химических веществ, перечисленных в части I Приложения С, и их воздействия на окружающую среду в целом. В этом отношении:

(ii) "методы" включают как принимаемую технологию, так и то, каким образом установки проектируются, строятся, эксплуатируются, функционируют и выводятся из эксплуатации;

(iii) "имеющиеся" методы означают методы, доступные для оператора, а также разработанные в масштабах, допускающих применение в соответствующем промышленном секторе при экономически и технически осуществимых условиях с учетом затрат и преимуществ;

(iv) "наилучшие" означает наиболее эффективные достижения высокого общего уровня охраны окружающей среды в целом;

(v) "наилучшие виды природоохранной деятельности" означают применение наиболее приемлемого сочетания мер и стратегий регулирования природоохранной деятельности;

(vi) "новый источник" означает любой источник, строительство или значительные модификации которого начаты по крайней мере через год после даты:

a. вступление в силу настоящей Конвенции для данной Стороны; или

b. вступление в силу для данной Стороны поправки к Приложению С, когда данный источник начинает подпадать под положения настоящей Конвенции лишь в силу этой поправки;

(g) значения предельных выбросов или стандарты эффективности могут использоваться Стороной для выполнения обязательств, касающихся наилучших имеющихся методов в рамках пункта 3.

**Вставка 2. Приложение С к Стокгольмской конвенции****Приложение С****НЕПРЕДНАМЕРЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО****Часть I. Стойкие органические загрязнители, в отношении которых должны соблюдаться требования, предусмотренные в Статье 5**

Данное Приложение относится к перечисленным ниже стойким органическим загрязнителям в случае их непреднамеренного образования и выброса из антропогенных источников:

Химическое вещество
Полихлорированные дибензо-п-диоксины и дибензофураны (ПХДД/ПХДФ) Гексахлорбензол (ГХБ) (N КАС: 118-74-1) Полихлорированные дифенилы (ПХД)

**Часть II. Категории Источников**

Непреднамеренное образование и выброс дибензо-п-диоксинов и дибензофуранов, гексахлорбензола и полихлорированных дифенилов происходят при осуществлении термических процессов в присутствии органического вещества и хлора в результате неполного сгорания или прохождения химических реакций. В приводимые ниже категории включены промышленные источники, способные привести к сравнительно высокому уровню образования таких химических веществ и их выбросам в окружающую среду:

- (a) установки для сжигания отходов, включая установки для совместного сжигания бытовых, опасных или медицинских отходов или осадка сточных вод;
- (b) цементные печи для сжигания опасных отходов;
- (c) производство целлюлозы с использованием элементарного хлора или образующих элементарный хлор химических веществ для отбеливания;
- (d) следующие термические процессы в металлургической промышленности:
  - (i) вторичное производство меди;
  - (ii) агломерационные установки на предприятиях чугуночной и сталелитейной промышленности;
  - (iii) вторичное производство алюминия;
  - (iv) вторичное производство цинка.

**Часть III: Категории источников**

Непреднамеренное производство и выброс полихлорированных дибензо-п-диоксинов и дибензофуранов, гексахлорбензола и полихлорированных дифенилов также могут иметь место в случае источников, подпадающих под следующие категории, включающие:

- (a) открытое сжигание отходов, включая сжигание мусорных свалок;
- (b) термические процессы на предприятиях металлургической промышленности, не упомянутые в части II;
- (c) источники, связанные с процессами сжигания в домашних хозяйствах;
- (d) сжигание ископаемых видов топлива в котлах коммунальной системы и в промышленных котлах;
- (e) установки для сжигания древесины и других видов топлива из биомассы;
- (f) конкретные процессы производства химических веществ, сопряженные с выбросом непреднамеренно образующихся стойких органических загрязнителей, прежде всего производство хлорфенолов и хлоранила;
- (g) крематории;
- (h) транспортные средства, прежде всего работающие на этилированном бензине;
- (i) уничтожение туш животных;
- (j) крашение (с использованием хлоранила) и отделка (при помощи экстрагирования щелочью) в текстильной и кожевенной промышленности;

- (k) установки для переработки отслуживших свой срок автомобилей;
- (l) обработка медных кабелей тлеющим огнем;
- (a) (m) предприятия по переработке отработанных масел.

#### **Часть IV. Определения**

1. Для целей настоящего Приложения:

- (a) "полихлорированные дифенилы" означают ароматические соединения, образованные таким образом, что атомы водорода в молекуле дифенила (два бензольных кольца, соединенных вместе одной углерод - углеродной связью) могут быть замещены атомами хлора, число которых доходит до десяти;
- (b) "полихлорированные дибензо-п-диоксины" и "полихлорированные дибензофураны" представляют собой трехъядерные ароматические соединения, образованные двумя бензольными кольцами, соединенными двумя атомами кислорода в случае полихлорированных дибензо-п-диоксинов и одним атомом кислорода и одной углерод - углеродной связью в случае полихлорированных дибензофуранов, и атомы водорода которых могут быть заменены атомами хлора, число которых доходит до восьми.

2. В этом Приложении токсичность полихлорированных дибензо-п-диоксинов и дибензофуранов выражается с помощью понятия токсичной эквивалентности, которая позволяет измерить аналогичную диоксином относительную токсичную активность родственных полихлорированных дибензо-п-диоксинов и дибензофуранов и планарных полихлорированных дифенилов по отношению к 2,3,7,8-тетрахлордибензо-п-диоксинам. Значения фактора токсичной эквивалентности, которые будут использоваться для целей настоящей Конвенции, согласуются с установленными международными стандартами начиная с принятых Всемирной организацией здравоохранения в 1998 году значений фактора токсичной эквивалентности для млекопитающих в отношении полихлорированных дибензо-п-диоксинов и дибензофуранов и планарных полихлорированных дифенилов. Концентрации выражаются в токсичных эквивалентах.

#### **Часть V. Общие руководящие указания, касающиеся наилучших имеющихся методов и наилучших видов природоохранной деятельности**

В настоящем разделе приводятся предназначенные для Сторон общие руководящие указания, касающиеся предотвращения или сокращения выбросов химических веществ, перечисленных в Части I.

#### **A. Общие меры по предотвращению, касающиеся как наилучших имеющихся методов, так и наилучших видов природоохранной деятельности**

Приоритетное внимание должно уделяться рассмотрению подходов к предотвращению образования и выбросов химических веществ, перечисленных в части I. К эффективным мерам могут быть отнесены следующие:

- (a) использование малоотходной технологии;
- (b) использование менее опасных химических веществ;
- (c) содействие распространению практики рекуперации и рециркуляции отходов и веществ, которые образуются и используются в рамках того или иного процесса;
- (d) замена исходных материалов в тех случаях, когда они представляют собой стойкие органические загрязнители или когда имеется непосредственная связь между материалами и выбросами стойких органических загрязнителей из источника;
- (e) рациональное хозяйствование и программы в области профилактического ремонта;
- (f) усовершенствование методов регулирования отходов в целях прекращения открытого или иного неконтролируемого сжигания отходов, включая сжигание свалок мусора. При рассмотрении предложений о строительстве новых установок по удалению отходов внимание следует уделять таким альтернативам, как мероприятия по максимальному сокращению образования бытовых и медицинских отходов, включая восстановление ресурсов, повторное использование, рециркуляцию, разделение отходов и содействие использованию продуктов, которые приводят к образованию меньшего объема отходов. На основе этого подхода должны тщательно рассматриваться вопросы охраны здоровья человека;
- (g) максимальное сокращение этих веществ, присутствующих в продуктах в виде загрязнителей;
- (c) (h) необходимость избегать использования элементарного хлора или химических веществ,



образующих элементарный хлор, в качестве отбеливающего агента.

### **В. Наилучшие имеющиеся методы**

Концепция наилучших имеющихся методов не преследует цели предписывать какие-либо конкретные методы или технологии, а направлена на обеспечение учета технических характеристик соответствующей установки, ее географического положения и местных природных условий. Соответствующие методы регулирования, направленные на уменьшение выбросов химических веществ, перечисленных в части I, в целом одинаковы. При определении наилучших имеющихся методов следует уделять особое внимание, как в целом, так и в конкретных случаях, следующим факторам, не забывая при этом о вероятных расходах и выгодах, связанных с той или иной мерой, и об учете соображений предосторожности и профилактики:

(a) общие соображения:

- (i) характер, последствия и масса соответствующих выбросов: методы могут варьироваться в зависимости от размеров источника;
- (ii) сроки ввода в эксплуатацию новых или уже существующих установок;
- (iii) время, необходимое для внедрения наилучшего имеющегося метода;
- (iv) объем потребления и характер сырьевых материалов, используемых в конкретном процессе, и его энергоэффективность;
- (v) необходимость предупреждения или сведения к минимуму совокупного воздействия выбросов на окружающую среду и рисков для нее;
- (vi) необходимость предупреждения аварий и сведения к минимуму их последствий для окружающей среды;
- (vii) необходимость обеспечения санитарно-гигиенических требований на рабочих местах и правил техники безопасности;
- (viii) сопоставимые процессы, установки или эксплуатационные методы, которые были успешно опробованы на уровне промышленных предприятий;
- (ix) технические новшества и изменения в области научных знаний и понимания тех или иных вопросов;

(b) меры общего характера по уменьшению выбросов: при рассмотрении предложений о строительстве новых установок или значительной модификации существующих установок с использованием процессов, при которых происходит выброс химических веществ, перечисленных в настоящем Приложении, следует уделять первоочередное внимание альтернативным процессам, методам или практике, которые имеют аналогичную полезность, но при которых предотвращается образование и выброс таких химических веществ. В случаях, когда будет вестись строительство или значительная модификация таких установок, в дополнение к мерам по предупреждению выбросов, изложенным в разделе А части V, следующие меры по сокращению выбросов также могли бы учитываться при определении наилучших имеющихся методов:

- (i) использование усовершенствованных методов очистки дымового газа, например термическое или каталитическое сжигание или окисление, осаждение или абсорбция пыли;
- (ii) обработка остатков, сточных вод, отходов и осадка сточных вод, например путем термического воздействия или перевода их в инертную систему или с применением химических процессов по их детоксификации;
- (iii) изменения в характере процесса, ведущие к сокращению или устранению выбросов, например переход на замкнутые системы;
- (iv) модификация технологических процессов для обеспечения полного сгорания, что позволит предотвратить образование химических веществ, перечисленных в настоящем Приложении, на основе контроля за такими параметрами, как температура сжигания или период сохранения.

### **С. Наилучшие виды природоохранной деятельности**

Конференция Сторон может разработать указания относительно наилучших видов природоохранной деятельности.

## 1.Е. Взаимосвязь с Базельской конвенцией

Базельская конвенция о контроле за трансграничной перевозкой опасных отходов и их удалением была принята в 1989 году и вступила в силу 1992 году. Базельская конвенция является еще одним глобальным соглашением, помимо Стокгольмской конвенции, имеющим прямое отношение к наилучшим имеющимся методам и наилучшим видам природоохранной деятельности по контролю за химическими веществами, перечисленными в Приложении С Стокгольмской конвенции. Конвенция налагает на являющиеся Сторонами страны обязательства, среди прочего, по минимизации производства опасных отходов; обеспечению адекватных установок по утилизации; а также обеспечению экологически безопасного управления отходами.

Параграф 2 Статьи 6 Стокгольмской конвенции, посвященной мерам по сокращению или ликвидации выбросов, связанных с запасами и отходами, предусматривает, что:

«Конференция Сторон тесно сотрудничает с соответствующими органами Базельской конвенции о контроле за трансграничной перевозкой опасных отходов и их удалением, в частности:

- (a) Устанавливает уровни уничтожения и необратимого преобразования, необходимые для обеспечения того, чтобы не проявлять свойства стойких органических загрязнителей;
- (b) Определяет те методы, которые она считает методами экологически безопасного удаления, о чем говорится выше; и
- (c) Работает надлежащим образом над установлением уровней концентрации химических веществ, перечисленных в приложениях А, В и С, для определения низкого содержания стойких органических загрязнителей в соответствии с подпунктом (d) (ii) пункта 1.»<sup>3</sup>

Конференция Сторон Базельской Конвенции на своем восьмом заседании в декабре 2006 года приняла обновленный вариант общих технических указаний по экологически обоснованному управлению отходами, состоящими из стойких органических загрязнителей, содержащими СОЗ либо загрязненными СОЗ, а также обновленный вариант указаний по экологически обоснованному обращению с отходами, состоящими из полихлорированных бифенилов, полихлорированных терфенилов или полибромированных бифенилов, отходами, содержащими эти вещества, или отходами, загрязненными этими веществами. Общие технические указания, разработанные в рамках Базельской Конвенции, рассматривают вопросы, связанные со всеми тремя определениями, означенными в параграфе 2 Статьи 6 Стокгольмской Конвенции.

Кроме того, на восьмом заседании Конференция Сторон Базельской Конвенции было также принято три новых конкретных технических руководства: «Общие технические указания по экологически обоснованному управлению отходами, состоящими из пестицидов альдрина, хлордана, дильдрина, эндрина, гептахлора, гексахлорбензола, мирекса, или токсафена либо гексахлорбензола как промышленного химического вещества, отходами, содержащими эти вещества или отходами, загрязненными этими веществами»; «Общие технические указания по экологически обоснованному управлению отходами, состоящими из 1, 1,1 трихлор-2,2 бис (хлорфенил) этан (ДДТ), содержащими эти вещества или отходами, загрязненными

<sup>3</sup> Статья 6, параграф 1 (d) (ii) Стокгольмской конвенции гласит, что каждая Страна: «(d) принимает соответствующие меры для обеспечения того, чтобы такие отходы, включая продукты и изделия, превратившиеся в отходы ... (ii) удалялись таким образом, чтобы содержащиеся в них стойкие органические загрязнители уничтожались или необратимо преобразовывались и не проявляли свойств стойких органических загрязнителей или удалялись иным экологически безопасным образом в том случае, если уничтожение или необратимое преобразование не являются экологически предпочтительным вариантом или содержание стойких органических загрязнителей низкое, с учетом международных правил, стандартов и руководящих принципов, включая те, которые могут быть разработаны в соответствии с пунктом 2 и соответствующих глобальных и региональных режимов, определяющих регулирование опасных отходов».

этими веществами»; «Общие технические указания по экологически обоснованному управлению отходами, состоящими из непреднамеренно формируемых полихлорированных дибензо-п-диоксинов (ПХДД), полихлорированных дибензофуранов (ПХДФ), гексахлорбензола или полихлорированных бифенилов, отходами, содержащими эти вещества или отходами, загрязненными этими веществами».

## **I.F. Взаимосвязь с иными экологическими проблемами**

Во всем мире признано негативное влияние ртути и ее соединений. В результате был принят ряд решений о необходимости дальнейших международных действий и мер по снижению либо прекращению выбросов ртути и ее соединений в окружающую среду. Также возможны выбросы других экологических загрязнителей либо парниковых газов. Учитывая вышесказанное, при применении наилучших имеющихся методов и наилучших видов природоохранной деятельности, изложенных в данных руководящих принципах в отношении выбросов стойких органических загрязнителей, Стороны должны также предусмотреть соответствующие меры для одновременного снижения выбросов ртути и других загрязняющих веществ.

Согласно определениям Стокгольмской Конвенции, особенно применительно к Статье 5 и Приложению С, термин «наилучшие виды природоохранной деятельности» означает применение наиболее адекватной комбинации мер и стратегий экологического контроля, а термин «наилучшие» определяется как наиболее эффективные в достижении высокого уровня экологической защиты в целом.

При снижении выбросов стойких органических загрязнителей необходимо принимать меры по избежанию увеличения выбросов других загрязняющих веществ.

**Раздел II**  
**Рассмотрение альтернатив применения**  
**наилучших имеющихся методов**

## Содержание

<b>II.A.</b>	<b>РАССМОТРЕНИЕ АЛЬТЕРНАТИВ В СТОКГОЛЬМСКОЙ КОНВЕНЦИИ .....</b>	<b>19</b>
<b>II.B.</b>	<b>Стокгольмская Конвенция и новые источники .....</b>	<b>19</b>
<b>II.C.</b>	<b>Подход к рассмотрению альтернатив .....</b>	<b>19</b>
<b>II.D.</b>	<b>ПРОЧИЕ ПОЛОЖЕНИЯ СТОКГОЛЬМСКОЙ КОНВЕНЦИИ.....</b>	<b>21</b>

## **II.A. Рассмотрение альтернатив в Стокгольмской конвенции**

Стокгольмская Конвенция представляет общее руководство по наилучшим имеющимся методам и наилучшим видам природоохранной деятельности, при этом Стороны призываются уделять первоочередное внимание подходам, предотвращающим образование и выбросы химических веществ, перечисленных в Части 1 Приложения С Конвенции<sup>1</sup>. Конвенция рассматривает вопросы «альтернативных процессов» с учетом наилучших имеющихся методов следующим образом:

«При рассмотрении предложений о строительстве новых установок или значительной модификации существующих установок с использованием процессов, при которых происходит выброс химических веществ, перечисленных в настоящем приложении, следует уделять первоочередное внимание альтернативным процессам, методам или практике, которые имеют аналогичную полезность, но при которых предотвращается образование и выброс таких химических веществ.»<sup>2</sup>

## **II.B. Стокгольмская Конвенция и новые источники**

Стороны обязаны требовать использования наилучших имеющихся методов в отношении новых источников в рамках категорий источников, определенных Стороной в своем плане действий как требующих применения таких методов. Приоритетное внимание должно уделяться категориям источников, указанным в Части 2 Приложения С Конвенции.<sup>3</sup>

При исполнении Стороной своих обязательств приоритетное внимание должно уделяться альтернативным процессам, методам или практике, которые имеют аналогичную полезность, но при которых предотвращается образование и выброс химических веществ, перечисленных в Части 1 Приложения С.

В этой связи Стокгольмская Конвенция ставит далеко идущие задачи. Она поощряет поиск процессов, методов и практик, при которых предотвращается образование и выброс стойких органических загрязнителей, а также призывает Стороны уделять этому приоритетное внимание. Однако, эти положения не должны интерпретироваться в том смысле, что необходимо избегать сооружений, потенциально способных к образованию и выбросу в окружающую среду химических веществ, перечисленных в Части 1 Приложения С. Полный отказ от таких сооружений может быть практически или экономически нецелесообразен. Источники, перечисленные в Частях II и III Приложения С, имеют полезное применение, несмотря на потенциальную способность к образованию и выбросам стойких органических загрязнителей.

Ключевым фактором при принятии решения о том, следует ли избегать источника, перечисленного в Части II, Части III или иного приоритетного источника, является рассмотрение как предлагаемого нового сооружения, так и возможных альтернатив с учетом технической и экономической оправданности каждого из рассматриваемых вариантов.

## **II.C. Подход к рассмотрению альтернатив**

Когда Сторона требует применения наилучших имеющихся методов в отношении предлагаемого нового источника химических веществ, перечисленных в Приложении С, ответственные за принятие решения лица должны также обеспечить уделение должного внимания рассмотрению альтернатив, позволяющих избежать образования и выбросов таких химических веществ. При этом такие лица должны принимать во внимание и сопоставлять

<sup>1</sup> См. Стокгольмская Конвенция, Приложение С, Часть 5, Раздел А, подзаголовок.

<sup>2</sup> См. Стокгольмская Конвенция, Приложение С, Часть 5, Раздел В, подпараграф (b).

<sup>3</sup> См. Стокгольмская Конвенция, Статья 5 (d).

предлагаемые процессы, возможные альтернативы и применимое законодательство, используя так-называемый «контрольный перечень факторов», с учетом общего контекста концепции устойчивого развития. Должны также полностью учитываться экологические, социально-экономические факторы, а также факторы обеспечения здоровья и безопасности.

Ниже приводятся основные составляющие такого подхода:

### **1. Рассмотрение предлагаемого нового сооружения в контексте концепции устойчивого развития**

Лица, принимающие решения, должны проводить рассмотрение как первоначально предлагаемой новой установки, так и возможных альтернатив в контексте планов устойчивого развития страны. Целью такого рассмотрения является достижение наилучшего понимания предложения в отношении данного сооружения и его предполагаемой полезности в соотношении с социальными, экономическими и экологическими факторами и возможной значимостью для концепции устойчивого развития. Необходимо также проанализировать доступность и практичность мер общего характера для снижения выбросов химических веществ, перечисленных в Приложении С, например мер, перечисленных в Приложении С, Часть V, раздел В, подпараграф (b), пункты (i) – (iv).

### **2. Определение возможных и доступных альтернатив**

Необходимо предпринимать усилия по идентификации имеющихся альтернативных процессов, методов или практики, которые имеют аналогичную полезность, но при которых предотвращается образование и выброс химических веществ, перечисленных в Приложении С. Необходимо учитывать имеющиеся руководства, предлагающие альтернативные варианты таких процессов, методов и практики (например, руководства Базельской Конвенции, Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), Организации ООН по вопросам продовольствия и сельского хозяйства (ФАО), иных межправительственных и правительственных органов).

Для того, чтобы способствовать Сторонам в идентификации возможных имеющихся и адекватных альтернатив, Секретариат Конвенции должен, во исполнение своей роли органа посредничества в области информации согласно Статье 9, составить и предоставить Сторонам компендиум по имеющимся процессам, методам и практикам, при которых предотвращается образование и выброс в окружающую среду химических веществ, перечисленных в Приложении С, и которые могут быть использованы как адекватные альтернативы сооружениям и процессам, при которых образуются и выбрасываются такие химические вещества. При разработке и поддержке данного элемента механизма посредничества необходимо:

- Придерживаться принципа прозрачности;
- Обеспечивать обновление информации;
- Предоставлять информацию, которую Стороны могут использовать таким образом, чтобы полностью учесть конкретные обстоятельства развивающихся стран и некоторых стран с переходной экономикой;
- Предоставлять информацию, которую Стороны могут использовать при рассмотрении региональных различий, и которая поможет им обратить особое внимание на вопросы устойчивого развития, с учетом экологических, социально-экономических факторов, вопросов охраны здоровья и безопасности.

### **3. Проведение сравнительной оценки имеющегося предложения и выявленных возможных и доступных альтернатив**

После того, как будут определены возможные и доступные альтернативы, лица, принимающие решения, должны провести сравнительную оценку различных вариантов,

включая первоначальное предложение по новому сооружению, а также все возможные альтернативы, которые могут быть рассмотрены. В некоторых случаях и применительно к некоторым видам сооружений наиболее уместным будет проведение такой сравнительной оценки местными или районными органами власти. Однако во многих случаях с точки зрения перспектив устойчивого развития может быть более уместным, если такая сравнительная оценка будет проводиться на ином стратегическом или политическом уровне. При проведении сравнительной оценки следует обратить внимание на соответствующие пункты примерного перечня вопросов, приведенного в Приложении F («Информация о социально-экономических соображениях»)<sup>4</sup>, а также на соответствующие критерии, приведенные в Приложении С, Части V, разделах А и В.

#### **4. Приоритетные соображения**

Одной из предлагаемых альтернатив должно уделяться приоритетное внимание по сравнению с другими предложениями, включая первоначальное предложение по сооружению, если на основании сравнительной оценки, описанной выше в параграфе 3, и на основе применения соответствующих соображений и критериев из Приложения F и Приложения С к Конвенции, идентифицированная доступная альтернатива:

- Позволяет предотвратить образование и выброс химических веществ, перечисленных в Приложении С;
- Имеет аналогичную полезность;
- В достаточной мере соответствует планам устойчивого развития страны, при учете эффективной интеграции социальных, экономических, экологических факторов, а также факторов охраны здоровья и безопасности.

### **II.D. Прочие положения Стокгольмской конвенции**

#### **1. Соображения охраны здоровья, безопасности и экологии**

Статья 1 Конвенции гласит, что «цель настоящей Конвенции заключается в охране здоровья человека и окружающей среды от стойких органических загрязнителей». При проведении сравнительной оценки первоначально предложенных сооружений и возможных и доступных альтернатив (как в разделе II С, параграфе 3 настоящих руководящих принципов) необходимо учитывать соображения охраны здоровья, безопасности и экологии.

Последствия предлагаемых альтернатив для здоровья, безопасности и экологии должны соотноситься с соответствующими последствиями первоначального предложения по сооружению. Результат такого сравнения должен являться важным компонентом при оценке «аналогичной полезности» и при определении практичности и осуществимости предложения.

#### **2 Социальные и экономические соображения**

В Приложении F к Стокгольмской конвенции говорится о необходимости обеспечения соответствующей информации, касающейся социально-экономических соображений, которые связаны с возможными мерами регулирования, что позволило бы Конференции Сторон принять надлежащие решения. Это также является исходной точкой для составления полезного перечня социальных и экономических соображений и критериев, которыми могут воспользоваться органы власти при проведении сравнительной оценки первоначально предложенных сооружений и идентификации возможных и доступных альтернатив. Рекомендуется составить проверочный список критериев применительно к масштабам всей

<sup>4</sup> Для сравнительного рассмотрения химических веществ, оцениваемых согласно Статье 8 (Перечень химических веществ в Приложениях А, В и С), также важен список позиций, приведенный в Приложении F к Конвенции.



страны. Такой список должен включать следующие позиции, многие из которых означены в Приложении F Конвенции:

- Техническая осуществимость;
- Затраты, включая затраты на охрану окружающей среды и здравоохранение;
- Экономическая эффективность;
- Эффективность (инфраструктурные возможности, включая наличие хорошо подготовленного персонала);
- Риски;
- Наличие;
- Доступность;
- Простота использования («дружелюбность» по отношению к оператору);
- Позитивные или негативные последствия для общества, включая здравоохранение (общественное здравоохранение, санитария окружающей среды и гигиена труда); сельское хозяйство (включая аквакультуру и лесоводство); местные и традиционные технологии и/или знания; биоразнообразие; экономические аспекты; прогресс в деле достижения устойчивого развития и социальные издержки.

Во многих случаях предлагаемое новое сооружение может явиться потенциальным вкладом в экономическое развитие страны и планы по борьбе с бедностью. Надлежащее осуществление Стокгольмской Конвенции не должно значимо подрывать такой потенциал. Более того, при адекватной реализации Стокгольмская Конвенция должна позитивно влиять на устойчивое развитие страны и борьбу с бедностью.

Конвенция<sup>5</sup> предусматривает, что Стороны, являющиеся развивающимися странами и странами с переходной экономикой, получают доступ к новым и дополнительным финансовым ресурсам, что поможет им полностью компенсировать дополнительные финансовые издержки, связанные с реализацией мер во исполнение их обязательств в рамках Конвенции. Таким образом, поскольку Страна обязана требовать применения наилучших имеющихся методов в четко оговоренных Конвенцией обстоятельствах, она получит доступ к полной сумме оговоренных дополнительных издержек, вытекающих из реализации такого обязательства.

В некоторых случаях имеющиеся альтернативы к предлагаемым источникам химических веществ, перечисленных в Приложении С, требуют меньших затрат импортируемого капитала и предполагают опору на местные трудовые ресурсы и накопленные на местах знания. Такие альтернативы могут позволить избежать образования и выбросов химических веществ, перечисленных в Приложении С, они могут удачно вписываться в планы устойчивого развития страны и являться не менее полезными решениями, чем первоначально предлагаемые сооружения.

Наконец, все обязательства в рамках Конвенции являются вкладом в реализацию общей задачи Конвенции по защите здоровья человека и окружающей среды от химических веществ, перечисленных в Приложении С<sup>6</sup>. В преамбуле<sup>7</sup> к Конвенции отмечается «наличие обеспокоенности состоянием здоровья человека, особенно в развивающихся странах, в связи с тем, что местное население подвержено воздействию стойких органических загрязнителей, в частности это проявляется в случае женщин, а через них передается последующим поколениям». Сводя к минимуму выбросы химических веществ, перечисленных в Приложении С, в рамках жизнеспособного и

<sup>5</sup> См. Стокгольмская Конвенция, Статья 13.2

<sup>6</sup> См. Стокгольмская Конвенция, Статья 1

<sup>7</sup> См. Стокгольмская Конвенция, стр. 2

сбалансированного процесса устойчивого развития, надлежащие меры по претворению в жизнь Стокгольмской Конвенции могут облегчить бремя заболеваний и плохого здоровья, которое подрывает усилия стран, направленные на устойчивое развитие и борьбу с бедностью.

## **2.            Соображения, изложенные в Приложении С**

Все соответствующие положения разделов А и В Части V Приложения С должны приниматься во внимание при претворении в жизнь настоящих руководящих принципов.



## **Раздел III**

**Наилучшие имеющиеся методы и наилучшие  
виды природоохранной деятельности:**

**Руководящие указания, принципы и  
соображения, являющиеся общими для всех  
источников**

## Содержание

<b>III.A.</b>	<b>РУКОВОДЯЩИЕ УКАЗАНИЯ</b> .....	27
<b>III.B.</b>	<b>ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ И ПОДХОДЫ</b> .....	30
<b>III.C.</b>	<b>СООБРАЖЕНИЯ, ЯВЛЯЮЩИЕСЯ ОБЩИМИ ДЛЯ ВСЕХ ИСТОЧНИКОВ:</b> .....	32
	<i>(i) Химические вещества, перечисленные в Приложении С: механизмы образования</i> .....	32
	<i>(ii) Соображения по регулированию отходов</i> .....	35
	<i>(iii) Совместные преимущества наилучших имеющихся методов применительно к химическим веществам, перечисленным в Приложении С</i> .....	45
	<i>(iv) Регулирование дымовых газов и иных отходов</i> .....	47
	<i>(v) Подготовка ответственных сотрудников и технического персонала</i> ....	61
	<i>(vi) Тестирование, мониторинг и отчетность по выбросам</i> .....	62

## Таблицы

Таблица 1. Сравнение систем удаления ПХДД/ПХДФ .....	48
Таблица 2. Характеристики материалов тканевых фильтров .....	52
Таблица 3. Сопоставление систем пылеудаления .....	52

## Рисунки

Таблица 1. Коэффициенты токсического эквивалента .....	8
Рисунок 1: Иерархия управления отходами .....	36
Рисунок 2. Принципиальная схема электростатического осадителя.....	50
Рисунок 3. Конденсационный электростатический осадитель .....	50
Рисунок 4. Схематическое изображение тканевого фильтра .....	51
Рисунок 5. Сухая очистка с распылением/адсорбция .....	53
Рисунок 6. Реактор высокотемпературного селективного каталитического восстановления для одновременного удаления NO <sub>x</sub> и ПХДД/ПХДФ .....	56

## Приложения

Приложение 1 Обработка карантинных отходов .....	44
Приложение 2 Практический пример управления отходами учреждений системы здравоохранения .....	44

## **III.A. Руководящие указания**

### **1. Общие соображения**

Статья 5 Стокгольмской конвенции накладывает на Стороны обязательства разработать, в течение двух лет после вступления в силу настоящей Конвенции для этой Стороны, план действий, предназначенный для идентификации, определения свойств и решения вопросов выбросов химических веществ, перечисленных в Приложении С. В настоящее время в этот перечень входят полихлорированные дибензо-п-диоксины (ПХДД) и полихлорированные дибензофураны (ПХДФ), а также гексохлорбензол (ГХБ) и полихлорированные бифенилы (ПХБ) в случае их непреднамеренного производства.

План действий, который должен составлять часть национального плана выполнения, который Страна разрабатывает согласно Статье 7 Конвенции, должен включать стратегии, направленные на выполнение обязательств по сокращению или ликвидации выбросов химических веществ, перечисленных в Приложении С Стокгольмской конвенции, а также график выполнения плана действий. В данном плане должны определяться приоритетные действия, включая действия в отношении тех категорий источников, которые представляют наиболее экономически эффективные возможности для сокращения или ликвидации выбросов. План также должен включать реестр выбросов химических веществ, перечисленных в Приложении С.

В соответствии с графиком выполнения плана действий и при учете руководящих принципов, которые будут приняты Конференцией Сторон, Стороны должны содействовать использованию, а в некоторых случаях требовать использования наилучших имеющихся методов и содействовать использованию наилучших видов природоохранной деятельности в отношении идентифицированных источников выбросов. Стороны также должны содействовать разработке и, если они считают это необходимым, требовать использования заменяющих материалов и процессов в целях предупреждения образования и выбросов химических веществ, перечисленных в Приложении С.

### **2. Политические, законодательные вопросы и вопросы управления**

Конкретные методы, какими правительство будет способствовать использованию наилучших имеющихся методов и наилучших видов природоохранной деятельности или требовать их использования, будут различными в каждой стране, в зависимости от ее законодательной структуры и социально-экономических условий. Возможные стратегии осуществления будут включать составление отчетов по оценкам выбросов, представление информации для общественности, разработку образовательных программ, добровольных программ участия промышленности, принятие экономических и нормативно-правовых документов. Эти вопросы должны быть затронуты в национальном плане действий Стороны.

Виды мероприятий, которые будут предлагаться как рекомендуемые или требуемые в качестве наилучших имеющихся методов для сокращения или ликвидации выбросов химических веществ из Приложения С, могут подразделяться на следующие категории: переход на альтернативные процессы; основные меры для предотвращения образования химических веществ, перечисленных в Приложении С; и дополнительные меры по контролю и сокращению выбросов этих химических веществ.

### **3. Научные и технические вопросы**

Научные разработки в отношении измерения выбросов и уровней присутствия в окружающей среде химических веществ, перечисленных в Приложении С, а также оценки «наилучших» имеющихся методов и «наилучших» видов природоохранной деятельности

будут усовершенствоваться со временем. Настоящее руководство будет периодически обновляться для того, чтобы отвечать этим изменениям.

В Конвенции термин «наилучшие» определяется как «наиболее эффективные достижения высокого общего уровня охраны окружающей среды в целом» (см. подпараграф (f) (iv) Статьи 5).

В соответствии с решением SC-1/15 Конференции Сторон Стокгольмской Конвенции необходимо предпринимать усилия для обеспечения механизмов предоставления технической помощи и передачи технологий. Отдельным случаем является ситуация, когда Стороны в настоящее время не имеют доступа к тем технологиям, которые являются объектами прав интеллектуальной собственности.

Необходимо принимать во внимание рекомендации, изложенные в настоящих руководящих принципах, также как и допустимые показатели, соотносимые с наилучшими имеющимися методами и наилучшими видами природоохранной деятельности для выбросов ПХДД/ПХДФ, которые Страна может использовать при выполнении своих обязательств придерживаться наилучших имеющихся методов. Установление же законодательных нормативов относительно предельно допустимых выбросов на основе означенных руководств относится к юрисдикции каждой из Сторон.

#### **4. Экономические и социальные последствия**

В зависимости от процесса, являющегося источником химических веществ, перечисленных в Приложении С, фактором при определении того, что является «наилучшими» имеющимися методами и «наилучшими» видами природоохранной деятельности являются экономические и социальные условия в стране. В том случае, когда процессы являются относительно крупномасштабными, капиталоемкими и характеризуются высокой и постоянной производительностью (например, цементные печи для сжигания опасных отходов, агломерационные установки на предприятиях чугунолитейной промышленности, установки по сжиганию ископаемых видов топлива в котлах коммунальной системы), технологии и практика, применяемые на соответствующих предприятиях, аналогичны по всему миру. В таких случаях наилучшие имеющиеся методы и наилучшие виды природоохранной деятельности могут применяться во всех странах достаточно аналогичным образом. Там же, где процессы являются относительно маломасштабными (крематории, бытовое отопление и приготовление пищи, промышленные котлы, транспортные средства), либо включают утилизацию отходов в меньших масштабах (сжигание отходов, открытое сжигание отходов), имеющиеся технологии и практика могут значительно различаться в разных странах. В этих случаях для определения наилучших имеющихся методов и наилучших видов природоохранной деятельности потребуется проведение анализа экономической оправданности различных имеющихся альтернатив. Таким образом, «наилучший» может означать наилучший вариант, который является экономически оправданным в имеющихся социально-экономических условиях.

#### **5. Сопоставление новых и существующих источников**

Применительно к новым источникам химических веществ, подпадающих под категории источников, требующих использования наилучших имеющихся методов согласно национальному плану действий, Стороны должны в первую очередь обратить внимание на категории источников, указанные в Части II Приложения С. Стороны должны вводить требования относительно использования наилучших имеющихся методов в отношении новых источников в рамках категорий, указанных в Части II Приложения С, постепенно по мере возможности, но не позднее, чем через четыре года после вступления Конвенции в силу для данной Стороны. Для категории источников, идентифицированных в плане действий как требующих использования наилучших имеющихся методов, необходимо способствовать применению наилучших имеющихся методов. Стороны должны содействовать использованию наилучших имеющихся методов и наилучших видов

природоохранной деятельности в отношении тех новых источников, которые не требуют применения действий согласно плану действий Стороны.

Использование наилучших имеющихся методов и наилучших видов природоохранной деятельности в отношении новых источников обеспечивает максимальное сокращение выбросов химических веществ, перечисленных в Приложении С. Оно также позволяет учитывать означенные методы и практику при конструировании и эксплуатации сооружения на той стадии, когда это можно сделать экономически эффективно. Учитывая весь спектр промышленной и иной деятельности, национальная стратегия устойчивого развития должна отражать потребность обеспечения того, чтобы инвестиции в национальную экономику производились в соответствии с настоящими указаниями и руководящими принципами.

Использование наилучших имеющихся методов и наилучших видов природоохранной деятельности в отношении существующих источников, идентифицированных в национальном плане Стороны, должно осуществляться в соответствии с планом действий Стороны.

Решение проблем существующих источников является хорошей возможностью для Стороны по сокращению совокупных выбросов. При рассмотрении приоритетных существующих источников, идентифицированных в национальном плане действий, Стороне потребуется рассмотреть меры по способствованию необходимым изменениям в процессе или практике управления, которые могут, в конечном счете, привести к достижению наилучших имеющихся методов и наилучших видов природоохранной деятельности. Такие модификации могут вводиться поэтапно по времени и могут стать составной частью планов модернизации сооружения.



### Ш.В. Общие принципы и подходы

При применении настоящих руководящих принципов и руководящих указаний в отношении источников, перечисленных в Приложении С Стокгольмской конвенции, Стороны могут счесть полезным рассмотреть некоторые общие принципы и подходы в области охраны и рационального использования окружающей среды в свете положений Конвенции. Ниже перечислены некоторые такие основные общие принципы и подходы в области охраны и рационального использования окружающей среды.

1. **Устойчивое развитие.** «Развитие, которое отвечает потребностям сегодняшнего дня, не подвергая при этом риску способность будущих поколений реализовать их собственные потребности.»<sup>1</sup>
2. **Устойчивое потребление.** «Использование услуг и продуктов, удовлетворяющих основным потребностям и улучшающих качество жизни при максимальном снижении использования природных ресурсов и токсичных материалов, а также выбросов отходов и загрязняющих веществ в течение жизненного цикла данной услуги или продукта с тем, чтобы не ставить под угрозу потребности будущих поколений.»<sup>2</sup>
3. **Разработка и внедрение систем по охране и рациональному использованию окружающей среды.** «Структурный подход к определению, внедрению и анализу экологической политики через использование системы, включающей организационную структуру, сферы ответственности, практику, процедуры, процессы и ресурсы.»<sup>3</sup>
4. **Применение науки, техники и традиционных знаний для формирования информированных экологических решений.** «Более интенсивное применение научных и технологических знаний, а также использование положительных аспектов народных и традиционных знаний при условии уважения прав держателей этих знаний и в соответствии с национальным законодательством;» и «Установление партнерских отношений между научными, государственными и частными институтами, включая интеграцию представителей науки в состав принимающих решение органов для усиления роли науки, технологии, инженерных и развивающихся секторов.»<sup>4</sup>
5. **Подход на основе соображений предосторожности.** «Для того, чтобы защитить окружающую среду, государства должны по мере своих возможностей широко применять подход на основе соображений предосторожности. В случае, когда имеется угроза серьезного или необратимого ущерба, недостаточность полных научных знаний не должна использоваться в качестве причины для задержки экономически эффективных мер по предотвращению деградации окружающей среды.»<sup>5</sup>
6. **Интернационализация издержек по охране окружающей среды и возложение таких издержек на сторону, являющуюся источником загрязнения.** «Национальные органы должны стремиться содействовать интернационализации издержек по охране

1 World Commission on Environment and Development. 1987. [www.un.org/documents/ga/res/42/ares42-187.htm](http://www.un.org/documents/ga/res/42/ares42-187.htm).

2 UNEP (United Nations Environment Programme). 1994. Oslo Symposium: Sustainable Consumption. Oslo, Norway, January 1994. [www.iisd.org/susprod/principles.htm](http://www.iisd.org/susprod/principles.htm).

3 UNEP (United Nations Environment Programme). 2002. Environmental Impact Assessment Training Resource Manual. Page 558. [www.iaia.org/Non\\_Members/EIA/ManualContents/Vol1\\_EIA\\_Manual.pdf](http://www.iaia.org/Non_Members/EIA/ManualContents/Vol1_EIA_Manual.pdf).

4 UN DESA (United Nations Department of Economic and Social Affairs) 2002 Plan of Implementation of the World Summit on Sustainable Development, page 50. [http://www.un.org/esa/sustdev/documents/WSSD\\_POI\\_PD/English/WSSD\\_PlanImpl.pdf](http://www.un.org/esa/sustdev/documents/WSSD_POI_PD/English/WSSD_PlanImpl.pdf)

5 UNEP (United Nations Environment Programme). 1992. Rio Declaration on Environment and Development. Principle 15. Rio de Janeiro, Brazil, 1992. [www.unep.org/Documents/Default.asp?DocumentID=78&ArticleID=1163](http://www.unep.org/Documents/Default.asp?DocumentID=78&ArticleID=1163).

окружающей среды и использованию экономических инструментов, принимая во внимание подход, согласно которому сторона, явившаяся источником загрязнения, должна в принципе нести издержки, связанные с загрязнением, при должном соблюдении общественных интересов и не нарушая международной торговли и инвестиций.»<sup>6</sup>

7. **Предотвращение загрязнения окружающей среды.** «Использование процессов, практик, материалов, продуктов или энергии, которые позволяют избежать или сводить к минимуму образование загрязняющих веществ и отходов и снижать общий риск для здоровья человека или окружающей среды.»<sup>7</sup>
8. **Интегрированные меры по предотвращению и контролю загрязнения окружающей среды.** «Данный принцип направлен на достижение интеграции мер по предотвращению и контролю загрязнения, проистекающих в результате крупномасштабной промышленной деятельности. Он предусматривает меры по предотвращению либо, в случае, когда это практически невозможно – сокращению выбросов в атмосферу, воду и почву в результате такой деятельности, включая меры в отношении отходов, с целью обеспечения высокого уровня защиты окружающей среды в целом.»<sup>8</sup>
9. **Дополнительные преимущества от одновременного контроля за прочими загрязняющими веществами.** «Например, предотвращение и контролирование загрязнения прочими загрязнителями может также способствовать сокращению и ликвидации выбросов химических веществ, перечисленных в Приложении С.
10. **Более чистое производство.** «Постоянное применение интегрированной превентивной экологической стратегии к процессам, продуктам и услугам для повышения общей эффективности и снижения рисков для человека и окружающей среды. Принцип более чистого производства может применяться к процессам в любой отрасли промышленности, к самим продуктам и к различным услугам, предоставляемым в обществе.»<sup>9</sup>
11. **Анализ жизненного цикла.** «Системно-ориентированный подход по оценке экологических кадастров (например, генерирование отходов, эмиссии и выбросы) и использования энергетических и природных ресурсов в связи с неким продуктом, процессом или операцией в течение всех стадий жизненного цикла»<sup>10</sup>
12. **Управление жизненным циклом.** «Интегрированная концепция управления полным жизненным циклом товаров и услуг в целях более устойчивого производства и потребления, на основе существующих процедурных и аналитических инструментов экологической оценки и на основе интеграции экономических, социальных и экологических аспектов.»<sup>11</sup>
13. **Фактическая ликвидация.** «Окончательное сокращение количества или концентрации токсического вещества в выбросах, стоках или отходах, выпускаемых в окружающую среду до уровня ниже означенного уровня определения. «Уровень определения» применительно к некоему веществу означает наименьшую концентрацию, которая

6 Preamble to Stockholm Convention and Principle 16 of the Rio Declaration on Environment and Development.

7 Environment Canada. 1995. Pollution Prevention – A Federal Strategy for Action. [www.ec.gc.ca/cppic/aboutp2/en/glossary.cfm](http://www.ec.gc.ca/cppic/aboutp2/en/glossary.cfm).

8 European Commission. 1996. Integrated Pollution Prevention and Control Directive. 96/61/EC. [europa.eu.int/smartapi/cgi/sga\\_doc?smartapi!celexapi!prod!CELEXnumdoc&lg=EN&numdoc=31996L0061&model=guichet](http://europa.eu.int/smartapi/cgi/sga_doc?smartapi!celexapi!prod!CELEXnumdoc&lg=EN&numdoc=31996L0061&model=guichet).

9 UNEPTIE. [www.uneptie.org/pc/cp/understanding\\_cp/home.htm](http://www.uneptie.org/pc/cp/understanding_cp/home.htm).

10 European Environment Agency. [glossary.eea.eu.int/EEAGlossary](http://glossary.eea.eu.int/EEAGlossary).

11 UNEPTIE. [www.uneptie.org/pc/sustain/reports/lcini/lc-initiative-barcelona-workshop.pdf](http://www.uneptie.org/pc/sustain/reports/lcini/lc-initiative-barcelona-workshop.pdf).

может быть точно измерена при помощи чувствительных, но рядовых методов забора проб и анализа»<sup>12</sup>

14. **Право общественности на информированность.** «В экологической сфере расширение доступа к информации и участию в принятии решений со стороны общественности повышает качество и полноту исполнения решений, расширяет информированность общественности по экологическим вопросам, предоставляет общественности возможность высказать свои озабоченности с тем, чтобы органы власти могли должным образом эти озабоченности учесть.»<sup>13</sup>

### **III.C.      Соображения, являющиеся общими для всех источников:**

#### **(i)      Химические вещества, перечисленные в Приложении С: механизмы образования**

##### **1.      Образование химических веществ, перечисленных в Приложении С: общий обзор**

Полихлорированные дибензо-п-диоксины (ПХДД), полихлорированные дибензофураны (ПХДФ), полихлорированные бифенилы (ПХБ) и гексахлорбензол (ГХБ) образуются непреднамеренным образом в промышленных химических процессах, таких как химические производства, и термических процессах, таких как сжигание отходов. ПХДД/ПХДФ являются единственными побочными стойкими органическими загрязнителями, механизмы образования которых широко исследовались на процессах, связанных с сжиганием, и в меньшей степени изучались на химических процессах, не связанных с сжиганием, однако несмотря на это, механизм и точные условия их образования еще не установлены окончательно. Очевидно, что основные механизмы или пути образования могут варьировать от процесса к процессу, при этом наиболее значимыми будут являться различные факторы и единого фактора контроля для всех случаев установить не возможно.

Гораздо меньше информации имеется относительно образования ПХБ и ГХБ. Поскольку имеются подобию в структуре и встречаемости ПХДД/ПХДФ, ПХБ и ГХБ, обычно предполагается, что факторы и параметры, способствующие образованию ПХДД/ПХДФ, также способствуют образованию ПХБ и ГХБ.

С другой стороны, в некоторых промышленных процессах ГХБ образуются более интенсивно, чем ПХДД/ПХДФ или ПХБ. Главы настоящего руководства (разделы V и VI), посвященные различным видам термических и химических процессов, содержат более подробную информацию по конкретным процессам и побочным продуктам.

##### **2.      Образование ПХДД/ПХДФ**

###### **2.1      Термические процессы<sup>14</sup>**

Необходимо присутствие углерода, кислорода, водорода и хлора, будь то в элементарном, органическом или неорганическом виде. В определенный момент в процессе синтеза

<sup>12</sup> Environment Canada. 1999. Canadian Environmental Protection Act, 1999. Section 65. [www.ec.gc.ca/CEPARRegistry/the\\_act/](http://www.ec.gc.ca/CEPARRegistry/the_act/).

<sup>13</sup> Aarhus Convention on Access to Information, Public Participation in Decision Making and Access to Justice in Environmental Matters (Орхусская Конвенция по доступу к информации, участию общественности в принятии решений и доступу к экологическому судопроизводству), United Nations Economic Commission for Europe, [www.unepce.org/env/pp](http://www.unepce.org/env/pp)

<sup>14</sup> ПХДД/ПХДФ могут также привноситься как загрязнители в сырье или отходах и могут таким образом появиться в процессах, при которых не происходит образования ПХДД/ПХДФ.

углерод, присутствующий в предшественнике либо образуемый в ходе химической реакции, должен принять ароматическую структуру.

Есть два основных пути синтеза этих соединений: от предшественников, таких как хлорированные фенолы, и образование *de novo* из углеродистых структур, содержащихся в летучей золе, активированном угле, саже или продуктах неполного сгорания с меньшим размером молекул. При условиях неполного сгорания ПХДД/ПХДФ может образовываться в ходе самого процесса сжигания.

Механизм, ассоциируемый с таким синтезом, может быть гомогенным (все молекулы вступают в реакцию в газовой фазе или все вступают в реакцию в твердой фазе) или гетерогенным (включающим реакции между молекулами в газовой фазе и поверхностями).

ПХДД/ПХДФ также могут разрушаться в процессе сжигания в условиях достаточной температуры и достаточного времени воздействия при смеси газообразных продуктов сгорания и подаваемых в печь отходов или топлива. Рекомендации по оптимальной практике сжигания включают регулирование «3-х Т» - времени воздействия (time of residence), температуры (temperature) и турбулентности (turbulence), а также наличие достаточного избыточного кислорода для полного окисления. Для предотвращения повторного образования ПХДД/ПХДФ необходимо использование резкого температурного охлаждения и других известных процессов.

Переменные, воздействующие на термическое образование ПХДД/ПХДФ, включают следующие факторы:

- **Технология:** образование ПХДД/ПХДФ может происходить либо при неполном сгорании, либо в плохо регулируемых дожигателях и воздухоочистных устройствах. Технологии горения варьируют от очень простых и очень плохих, таких как открытое сжигание, до очень сложных и усовершенствованных, таких как сжигание с использованием наилучших имеющихся методов;
- **Температура:** образование ПХДД/ПХДФ в послетопочной зоне или воздухоочистных устройствах отмечается в диапазоне температур от 200 °С до 650 °С; считается, что наиболее активное образование происходит при 200 °С – 450 °С, с пиковыми показателями при температуре около 300 °С;
- **Металлы:** известно, что медь, железо, цинк, алюминий, хром и марганец являются катализаторами образования ПХДД/ПХДФ, хлорирования и дехлорирования;
- **Сера и азот:** сера и некоторые азотсодержащие химические вещества ингибируют образование ПХДД/ПХДФ, но могут способствовать непреднамеренному образованию иных продуктов;
- **Хлор** должен присутствовать в органической, неорганической или элементарной форме. Особенно значимым может быть присутствие хлора в летучей золе или в элементарной форме в газовой фазе.
- ПХБ также являются предшественниками для образования ПХДФ.

Исследования показали, что есть также и другие важные переменные и сочетания условий.

## 2.2 Промышленные химические процессы

Так же, как и в случае термических процессов, требуется присутствие углерода, водорода, кислорода и хлора. Считается, что образованию ПХДД/ПХДФ в ходе химических процессов способствует один или более из следующих факторов:

- Высокая температура (> 150° С);
- Щелочная среда;
- Металлический катализатор;

- Ультрафиолетовое (УФ) облучение или иные радикальные условия, запускающие реакцию.

При производстве хлорсодержащих химических веществ, предрасположенность к образованию ПХДД/ПХДФ может, согласно исследованиям, быть представлена в следующей последовательности:

хлорфенолы > хлорбензолы > хлорированные алифатические углеводороды > хлорированные неорганические соединения

## **(ii) Соображения по регулированию отходов**

### **1. Резюме**

При сжигании отходов образуется потенциальная возможность достаточно интенсивного непреднамеренного образования и выбросов стойких органических загрязнителей в окружающую среду. Поэтому установки для сжигания отходов перечислены в категориях источников в Части II Приложения С Стокгольмской Конвенции. Открытое сжигание отходов, включая сжигание мусорных свалок, может привести к непреднамеренному образованию и выбросу стойких органических загрязнителей и, соответственно, упоминается в списке категорий источников Части III Приложения С. Применение наилучших имеющихся методов и наилучших видов природоохранной деятельности должно учитывать экологически обоснованные практики управления отходами. Экологически обоснованное управление отходами снижает выбросы стойких органических загрязнителей и является важным фактором поддержания здоровья населения и обеспечения устойчивого использования ресурсов.

Основные принципы, применимые к предотвращению и снижению образования отходов, включают: принцип уменьшения количества источников; принцип интегрированного жизненного цикла; и принцип максимальной рекуперации компонентов, подлежащих повторному использованию и рекуперации. Во многих случаях проблема облегчается разделением у источника тех отходов, которые могут быть компостированы, повторно использованы или утилизированы. Оставшиеся отходы должны подвергаться обработке и удалению экологически обоснованным способом. Применительно ко всем этапам – системе сбора отходов, рекуперации и окончательного удаления – должны приниматься надежные решения, адаптируемые к местным обстоятельствам с учетом таких факторов, как возможности избегания образования отходов, состав отходов, доступные технологии рекуперации, существующие сооружения, финансовые, экономические и социальные условия.

В целом, приоритетное внимание должно уделяться подходам, предотвращающим образование и выбросы химических веществ, перечисленных в Приложении С Конвенции. Необходимо применять современные подходы к регулированию отходов с целью избежать открытого или неконтролируемого сжигания отходов, включая сжигание свалок. При рассмотрении предложений по строительству новых сооружений для удаления отходов необходимо уделять внимание альтернативам, направленным на минимизацию бытовых и медицинских отходов, рекуперацию, повторное использование и утилизацию ресурсов, сепарацию отходов, а также продвижение продуктов, приводящих к формированию меньшего количества отходов. При таком подходе должны также тщательно учитываться соображения здоровья населения.

В настоящей главе рассматриваются эти вопросы, но она не может заменить подробного исследования всех конкретных аспектов регулирования отходов.

### **2. Введение**

#### **2.1. Важность управления отходами для окружающей среды и здоровья человека**

Обоснованное управление отходами является важным элементом защиты здоровья человека и окружающей среды. Оно также помогает избежать потери ресурсов. Необустроенные свалки могут явиться источником загрязнения водных ресурсов; сжигание отходов на свалках либо в непригодных мусоросжигательных установках либо открытым сжиганием может привести к выбросу высоких уровней химических веществ, перечисленных в Приложении С, также как и прочих токсических веществ – полициклических ароматических углеводородов, тяжелых металлов и твердых частиц. В

этой связи наиболее эффективным во многих областях будет комплексный подход к улучшению системы управления отходами.

Управление отходами состоит из многих различных сегментов. На первом этапе предотвращение и снижение образования отходов может привести к минимизации объема отходов и потенциального вреда от них. В промышленных процессах разработка и применение малоотходных и безотходных технологий оказывают положительное воздействие на снижение объемов отходов, требующих удаления. Значимым в решении проблем управления отходами является также повышение ответственности производителя (см. Рисунок 1).

**Рисунок 1: Иерархия управления отходами**



## 2.2. Определения

Базельская Конвенция о контроле за трансграничной перевозкой опасных отходов и их удалением приводит следующее общее определение отходов:

«Отходы представляют собой вещества или предметы, которые удаляются, предназначены для удаления или подлежат удалению в соответствии с положениями национального законодательства.»

Базельская Конвенция определяет «удаление» как операции, которые могут привести либо могут не привести к возможному «восстановлению, рекуперации, рекламации ресурсов, их прямому повторному использованию или альтернативному использованию.»

В Приложении I к Базельской Конвенции перечислены 45 категорий опасных отходов, подлежащих трансграничной перевозке и требующих контроля, если они не попадают в какую-либо из следующих категорий, характеристики которых перечислены в Приложении III Базельской Конвенции:

- Взрывчатые вещества;
- Воспламеняющиеся жидкости;
- Воспламеняющиеся твердые вещества;
- Вещества или отходы, способные к спонтанному возгоранию;
- Вещества или отходы, которые при контакте с водой образуют воспламеняющиеся газы;
- Окисляющие вещества;
- Органические пероксиды;
- Отравляющие (остротоксичные) вещества;
- Инфекционные вещества;
- Корродирующие вещества;
- Вещества, высвобождающие токсичные газы при контакте с воздухом или водой;
- Токсичные вещества (отсроченного или хронического воздействия);
- Экотоксичные вещества;
- Вещества, способные после удаления тем или иным способом превращаться в иные вещества, например, продукты выщелачивания, обладающие какими-либо из вышеперечисленных характеристик.

### **2.3 Важность разработки национальных стратегий по управлению отходами**

Управление отходами влияет на все области жизни общества и экономики страны. Оно требует внимания местных, региональных и национальных органов власти; оно требует законодательной базы, финансового механизма и значительной координации между действиями граждан и органов власти на всех уровнях. Более того, адекватное управление отходами невозможно без минимального уровня капиталовложений. Для создания комплексной системы управления отходами необходимо, чтобы все действия на различных уровнях следовали единой общей стратегии; поэтому необходимо или, по крайней мере, полезно проводить обсуждения и принимать решения по национальной стратегии управления отходами. Успешное претворение в жизнь любой системы управления отходами, в частности, в развивающихся странах может потребовать передачи соответствующих технологий и наращивания потенциала согласно изложенному в Статье 12 Конвенции (см. также «Научные технические вопросы» в III.A.).

### **2.4 Некоторые принципы, подлежащие применению**

Указания Базельской Конвенции, которые необходимо учитывать при разработке стратегий управления бытовыми и опасными отходами (Basel Convention Secretariat 1993), включают:

- Принцип уменьшения источника, «согласно которому образование отходов должно быть сведено к минимуму с точки зрения количества и потенциальной способности вызывать загрязнения. Этого можно добиться путем использования надлежащей конструкции установок и адекватных технологических процессов»;



- Принцип интегрированного жизненного цикла, «согласно которому вещества и продукты должны проектироваться и управляться таким образом, чтобы оказывать минимальное экологическое воздействие во время их производства, применения, рекуперации и удаления».

Отходы, которые потенциально могут быть повторно использованы или утилизированы, должны в максимально возможной степени направляться на эти цели.

## **2.5 Подход, предложенный в «Плане осуществления», принятом на Всемирном Саммите по устойчивому развитию (WSSD)**

На Всемирном Саммите по устойчивому развитию, проходившему в Йоханнесбурге в 2002 году, правительства приняли «План осуществления», который в параграфе 22 гласит:

«Предотвращать и сводить к минимуму образование отходов и максимально расширять повторное использование, рециркуляцию и использование экологически дружественных альтернативных материалов, при участии государственных органов власти и всех заинтересованных сторон с тем, чтобы свести к минимуму негативное воздействие на окружающую среду и повысить эффективность использования ресурсов, при финансовой, технической и иной помощи развивающимся странам. Это подразумевает включение следующих действий на всех уровнях:

- (a) Разработка систем управления отходами с уделением наивысших приоритетов предотвращению и сведению к минимуму образования отходов, повторному использованию и рециркуляции, экологически безопасным сооружениям по утилизации, включая технологии по извлечению энергии из отходов, а также поощрение малых инициатив по рециркуляции отходов, которые поддерживают городские и сельские программы управления отходами и предоставляют источники заработка, при международной поддержке развивающимся странам.
- (b) Содействие предотвращению и минимизации образования отходов путем поощрения производства потребительских товаров многократного использования и биodeградирующих продуктов, а также развитие необходимой инфраструктуры.»

## **2.6 Значение осведомления общественности**

Успешное претворение в жизнь общего плана управления отходами требует участия различных сторон: потребителей, органов власти, операторов предприятий по управлению отходами. Всех этих заинтересованных лиц необходимо информировать о комплексных действиях по управлению отходами, убедить их в важности их вклада в успешную реализацию планов. Необходимо наращивать осведомленность на всех уровнях: например, потребители должны быть проинформированы о стратегиях по избеганию производства отходов и преимуществах возможностей рециркуляции; необходимо также предоставлять информацию об угрозе для здоровья в случае открытого сжигания отходов и об имеющихся альтернативах, если ставится цель уменьшить объемы и в конечном итоге прекратить такой способ удаления отходов.

## **2.7 Важность подготовки персонала**

Для обеспечения эффективного управления отходами необходимо провести адекватную подготовку технического персонала и лиц, принимающих решения (см. Раздел III 2.4(v) «Соображения, являющиеся общими для всех источников»).

## **3. Оказание воздействия на производство и продукты производства**

Все продукты промышленного или ремесленного производства в какой-то момент времени становятся отходами. Поэтому качество и, особенно, технический срок жизни продуктов имеют критически важное значение для количества отходов, подлежащих уничтожению.

Национальные органы власти ограничены в возможностях непосредственно предписывать качество продуктов в течение их срока жизни и поощрять производство продуктов с длительным сроком жизни. Однако, есть несколько эффективных косвенных способов воздействовать на эту сторону производства.

Во многих странах государственный заказ является важной составной частью рынка. Определяя стандарты качества и минимальные требования к качеству, такие государственные заказы являются средством воздействия на качество предлагаемых на рынке продуктов. После Всемирного Саммита по устойчивому развитию в некоторых странах были разработаны стандарты для заказов в рамках концепции устойчивого развития, в которых использовалось определение Рабочей группы по закупкам в рамках устойчивой экономики, созданной правительством Великобритании: «Закупки в рамках устойчивой экономики это процесс, в ходе которого организации удовлетворяют свои потребности в товарах, услугах, работах и коммунальном обслуживании таким образом чтобы получить максимальную стоимость за свои деньги в течение всего срока жизни продукта/услуги при получении максимальной пользы для общества и экономики и сведении к минимуму ущерба, наносимого окружающей среде» (Sustainable Procurement Task Force 2006).

В общем, полезно избегать ненужной упаковки, поощрять использование продуктов длительного или повторного применения, использовать конструкцию материалов и продуктов, позволяющую избежать токсичности и иных факторов негативного воздействия на окружающую среду, а также предусматривающую возможность вторичной переработки, рециркуляции и рекуперации материалов по истечении срока службы продуктов.

Еще одним важным инструментом является маркировка – она позволяет потребителям выбирать продукты на основе их экологических характеристик, цены и качества, направляя их спрос на товары, производимые на основе уважения к принципам устойчивого развития.

### **3.1 Гарантия на продукты**

В конце срока жизни продукты превращаются в отходы. Если использование продуктов ограничено небрежным дизайном или производством, это может привести к излишне краткому в техническом отношении сроку жизни продукта. Электроприборы или шины низкого качества могут превратиться в отходы после относительно короткого периода использования, что приводит к росту общего объема отходов. Возможным путем воздействия на этот аспект качества является законодательное определение минимального срока гарантии на продукты.

### **3.2 Поощрение компаний к использованию систем управления состоянием окружающей среды**

Использование систем управления состоянием окружающей среды (например, разработанных Международной организацией по стандартизации или Системой экологического менеджмента и аудита ЕС (EMAS)) повышает уровень ознакомления с производственными процессами и их воздействием на окружающую среду. Все это может быть полезным для снижения объема отходов и потенциального вреда от них. Ответственное управление продуктами и процессами с экологической точки зрения может повысить чувство ответственности в компании, улучшить репутацию корпорации и доверия к ней, расширить возможности для развития бизнеса и облегчить диалог и партнерские отношения с основными заинтересованными сторонами.

### **3.3 Ответственность производителя**

Производители и иные заинтересованные стороны имеют обязательства, которые могут быть установлены путем применения, например, таких документов, как Проект интегрированной политики ЕС в области продуктов, разрабатываемая тематическая стратегия по избеганию образования и рециркуляции отходов, Расширенная программа ответственности производителя ОЭСР (OECD 2000), концепция управления качеством продукции, или иных инструментов. В некоторых случаях может быть полезно обязать

производителей забирать продукцию по истечении срока ее службы и обеспечивать ее экологически обоснованную утилизацию.

#### **4. Уменьшение источников как приоритет**

В целом, общество должно подвергнуть внимательному рассмотрению весь спектр возможностей по управлению отходами и значимых в этом отношении факторов прежде, чем принимать решение о крупномасштабных инвестициях в строительство какой-либо новой установки для сжигания отходов, нового захоронения, средств механической или биологической обработки отходов, либо об инвестициях в модернизацию каких-либо имеющихся сооружений, служащих означенным целям.

Основным приоритетом среди альтернативных возможностей по управлению отходами является уменьшение источника – т.е. минимизация количества отходов с одновременным снижением их токсичности и иных характеристик, представляющих опасность для человека и окружающей среды. Это обязательство лежит на всех слоях общества. Одним из показателей успешности таких действий является процентное содержание отходов, которые могут быть направлены вместо захоронений и мусоросжигательных установок на иные сооружения по управлению отходами, но этот показатель необходимо рассматривать соотносительно с общим объемом производимых отходов.

В некоторых ситуациях решение по строительству новой крупномасштабной установки для обработки отходов может противоречить усилиям по уменьшению объема отходов и по рекуперации ресурсов из отходов. Инвесторы, вкладывающие средства в такие новые сооружения, часто сталкиваются с необходимостью обеспечения достаточного объема поступающих отходов, чтобы обеспечить окупаемость своих капиталовложений. В такой ситуации эксплуатация новой установки зачастую может противоречить усилиям по эффективному уменьшению отходов, и даже подрывать такие усилия. Поэтому все соображения подобного рода должны учитываться при рассмотрении целостной и комплексной системы мер по управлению отходами.

#### **5. Сбор отходов.**

В домохозяйствах отходы обычно собираются в специальных контейнерах. Ими могут быть металлические или пластиковые емкости либо пластиковые или бумажные мешки. Для многоквартирных зданий обычно в централизованном порядке предоставляются специальные контейнеры, в которые жители выбрасывают свои отходы. В большинстве развитых стран бытовые отходы регулярно вывозятся от мест сбора, поскольку пищевые отходы, например, быстро разлагаются. В крупных и малых городах отходы забираются специальными машинами, снабженными оборудованием для уплотнения мусора, что позволяет увеличить объем отходов, транспортируемых на значительные расстояния на оборудованные санитарные свалки. В больших городских агломерациях проводились исследования, доказавшие экономическую целесообразность транспортировки собранных отходов на место свалки в железнодорожных контейнерах; также в этих целях используются крупные баржи. В некоторых случаях отходы брикетируются для облегчения механических погрузочно-разгрузочных работ.

Хотя существует много эффективных механических сортировочных систем для смешанных отходов, сортировка у источника и сбор отходов, предназначенных для утилизации, во многих случаях оказывается дешевле и обеспечивает более чистое сырье для утилизации. Иначе, если отходы не сортируются у источника, бумага и картон будут смешиваться с влагосодержащими кухонными пищевыми отходами, либо пищевые отходы, предназначенные для компостирования или ферментации, могут оказаться смешанными с опасными отходами малых производств.

#### **5. Рециркуляция отходов.**

Обычно значительная часть твердых бытовых отходов может подвергаться компостированию, повторному использованию или рециркуляции. Во многих

промышленно-развитых странах более 50 процентов твердых бытовых отходов рециркулируется. В некоторых регионах этот показатель еще выше. Неправительственные организации, такие как Zero Waste International Alliance (Международный альянс по борьбе за минимизацию (сведение к нулю) отходов), во многих странах реализуют амбициозные планы по утилизации отходов вместо направления их на свалки или в мусоросжигательные установки. Минимизация (сведение к нулю) отходов (Zero Waste) означает проектирование продуктов и процессов и управление ими таким образом, чтобы снизить объемы и токсичность отходов и материалов, сохранять и рекуперировать все ресурсы, а не сжигать их или закапывать их. Программы минимизации отходов (Zero Waste programs) реализованы во многих странах, например, в Словакии (Паляриково) и в Австралии (Канберра) – см. более подробную информацию на соответствующих веб-сайтах.

Безопасное удаление смешанных отходов в большинстве случаев является более дорогостоящим, чем уменьшение источников путем внедрения продуктов с долгим сроком службы, починки товаров и их эффективной рециркуляции. Необходимо исследовать возможности компостирования, повторного использования и рециркуляции отходов, разрабатывать соответствующие меры с учетом состава отходов, имеющихся систем сбора и рециркуляции отходов, а также экономических возможностей.

Например, рециркуляция бумаги и картона, металлов и стекла во многих случаях создает дополнительные доходы либо, по крайней мере, является более экономичной, чем транспортировка и уничтожение этих материалов совместно с другими отходами. Аналогично, сбор и рециркуляция бутылок из полиэтилентерефталата (PET) или иных пластиковых контейнеров может явиться хорошим источником сырья для производств по переработке пластмасс.

Во многих развивающихся странах получаемые из отходов ресурсы могут стать значимым источником сырья для маломасштабных предприятий по рекуперации и повторной утилизации ресурсов. Такую маломасштабную деятельность следует поощрять, а в дальнейшем следует также поощрять инвестиции в гигиену труда и технику безопасности в этом секторе, который во многих странах в настоящее время является негосударственным.

Сбор рециркулируемых отходов может производиться путем разделения у источника с последующим вывозом подлежащих рециркуляции отходов государственными или частными компаниями. Во многих случаях эффективные системы сбора таких отходов были созданы в рамках негосударственного сектора. Использование и даже поддержка существующих структур может иметь экономические и социальные преимущества что, соответственно, должно учитываться при разработке и модернизации систем по управлению отходами. Интересными примерами ассоциации соседних общин по успешной рециркуляции и компостированию отходов являются системы, внедренные в Мумбаи (Индия) и Каире (Египет) (Kumar 2000; Faccini 1999).

## **6. Окончательное удаление отходов**

Даже при достижении хороших результатов по предотвращению образования отходов и при самых амбициозных целях по их рециркулированию, некоторые отходы все же остаются и их необходимо удалять. Объем отходов, их состав и опасные свойства, также как и технические и экономические возможности их удаления являются факторами, которые необходимо принимать во внимание при выборе метода окончательного удаления отходов.

Если в смешанных отходах содержится значительное количество пищевых отходов растительного происхождения, необходимо задуматься о возможностях компостирования или анаэробного разложения. В некоторых случаях отходы в основном состоят из веществ растительного происхождения, пыли и песка – тогда разумным вариантом может быть компостирование после отсортировки некоторых фракций (например, пластмасс). Качество и возможность использования получаемого компоста в таких случаях подлежит индивидуальному рассмотрению.

Биологическая переработка или механизированная биопереработка отходов рекомендуются, когда смешанные отходы содержат, кроме биodeградируемого материала, значительные количества пластмасс, металлов или иных составляющих. Процессы механизированной биопереработки включают механическую сортировку и сепарацию потока отходов для отделения биodeградируемых материалов, которые затем направляются на биологическую переработку, от материалов, не являющихся биodeградируемыми. Процесс механической обработки может быть спроектирован таким образом, чтобы включать последующее разделение биodeградируемого материала на фракции, которые далее могут подлежать рециркуляции. Также возможно выделение из отходов горючих фракций. Такие горючие фракции, также называемые топливом из отходов, в большинстве случаев загрязнены тяжелыми металлами и содержат больше хлора, чем обычное топливо. По этой причине такие продукты управления отходами могут использоваться в качестве топлива только в установках, снабженных оборудованием для контроля за загрязнением воздуха и системой контролируемого удаления золы. Продукты биологической переработки могут использоваться как компост при достаточно хорошем их качестве, либо направляться на свалки.

## **6.1 Свалки**

Во многих странах бытовые отходы всегда удаляли путем вывоза на свалки. Значительные изменения в составе отходов (например, большее число отходов из пластмасс) и рост объемов отходов, требующих удаления, привели к тому, что под мусорные свалки стали выделяться специальные участки земли.

На свалке отходы размещаются слоями в подготовленные отсеки и прессуются для уменьшения объема. Затем, не реже, чем один раз в день, отходы покрывают специальной пленкой для перекрытия доступа паразитам, мухам, птицам и иным падальщикам, а также для изоляции острых фрагментов, могущих причинить травмы. Многие отходы, особенно опасные, должны направляться только на специально обустроенные свалки. (Более подробную информацию см. в «Общих технических указаниях Базельской Конвенции: о специально обустроенных свалках» (Basel Convention technical guidelines: on specially engineered landfill (D5))).

Фракции отходов, подверженные гниению, проходят разложение путем аэробных и анаэробных процессов. При этом образуется биогаз – смесь метана и двуокиси углерода – и иные органические соединения. Многие из них растворимы в воде и растворяются в любых накапливающихся на свалках жидкостях с образованием жидкой смеси, называемой продуктом выщелачивания. Продукт выщелачивания может быть в высшей степени насыщен загрязняющими веществами и необходимо предотвращать возможность его смешивания с грунтовыми или поверхностными водами. Обработка продуктов выщелачивания и безопасное удаление или использование биогаза являются составными частями политики экологически безопасного управления отходами. В любом случае, необходимо предотвращать миграцию продуктов выщелачивания, поскольку они могут способствовать образованию биогаза и за пределами территории свалки.

В большинстве стран свалки являются наиболее широко распространенным методом удаления отходов. В результате серьезных экологических и медицинских проблем, связанных с местами заброшенных старых свалок, а также в связи с высокой стоимостью работ по очистке загрязненных участков, во многих странах была введена система специально обустроенных свалок, согласно которой отходы направлялись только на специальные свалки, отобранные по их изолирующим (локализирующим) свойствам. Это могут быть природные каверны, либо природные каверны с инженерным обустройством, либо искусственные инженерные сооружения, спроектированные и обустроенные таким образом, чтобы обеспечить максимальную изоляцию отходов от окружающей среды. Такие свалки-захоронения рассматриваются как последний выбор, используемый только тогда, когда исчерпаны все возможности уменьшения, ослабления или устранения опасностей, связанных с такими отходами.

## 7. Сжигание

В некоторых странах с высокой плотностью населения и нехваткой подходящих площадок для свалок основным способом обработки и удаления неподлежащих рециркуляции отходов за последние 50 лет стало сжигание отходов. Поскольку в твердых бытовых отходах имеются многочисленные горючие составляющие, при этом может производиться дополнительная тепловая энергия. Патогенные микроорганизмы и органохимические составляющие отходов при этом могут почти полностью уничтожаться. Поскольку ТБО содержат большое количество разнообразных материалов, включая и негорючие, установки для сжигания отходов должны иметь большой запас прочности и широкий спектр действия, чтобы справляться с потоком отходов, чрезвычайно неоднородным как по составу, так и по теплотворной способности. Традиционно печи таких установок устроены по принципу цепной или качающейся колосниковой решетки, и реже – ротационной (вращающейся) печи. Для осадков сточных вод и промышленных сточных вод используются печи с псевдоожиженным слоем. Для обеспечения высокой эффективности сгорания необходимо жестко контролировать диапазон температур, при которых происходит сжигание отходов в печи, время доведения и удержания отходов при температурах горения и турбулентность в камере сгорания. Так называемый «принцип трех «т»» - температуры, времени (time) и турбулентности в присутствии достаточного количества кислорода – является основным требованием оптимального сгорания (см. также раздел V.A настоящих руководящих принципов, посвященный установкам по сжиганию отходов).

Для того, чтобы избежать выбросов газов или твердых частиц, установки для сжигания отходов должны быть оборудованы эффективными системами очистки отходящих газов, которые во многих случаях включают каталитические конвертеры или устройства с добавлением активированного угля к отходящим газам, а также скрубберы. Если скрубберные установки предусматривают сток вод, эти воды также подлежат обработке. Легучая зола из электростатических пылеуловителей и остатки из воздухоочистного оборудования почти всегда содержат значительные количества химических веществ, перечисленных в Приложении С Конвенции, поэтому эти отходы следует удалять жестко контролируемым образом.

Требование надежного контроля параметров горения, необходимость установки высокотехнологичных систем очистки отходящих газов и инвестиций в системы рекуперации энергии (котлы, турбины, электрогенераторы) – все это факторы, объясняющие, почему установки для сжигания мусора являются высокотехнологичными, эффективными, но и весьма дорогими технологиями. Существуют малые установки для сжигания, но для достижения экономии масштаба в большинстве случаев требуется перерабатывать по меньшей мере 100000 тонн отходов в год.

За последние годы были разработаны некоторые новые методы сжигания нерециркулируемых составляющих твердых бытовых отходов. В ряде случаев отходы сначала дробятся или измельчаются, а затем сжигаются в специальных печах. При этом используется возможность дегазификации при более низких температурах, либо обработки на первом этапе при очень низком или нулевом содержании кислорода (пиролиз), что позволяет избежать избыточного кислорода на этом этапе. Образующийся при этом газ далее сжигается (после очистки) при высоких температурах на втором этапе. На этом высокотемпературном этапе можно достичь витрификации остатков сгорания, что обеспечивает некоторые возможности для контролируемого уничтожения отходов, загрязненных химическими веществами, перечисленными в Приложении С. При применении таких процессов следует обращать особое внимание на то, чтобы продукты неполного сгорания не выбрасывались в окружающую среду.

### Приложение 1 Обработка карантинных отходов

Карантинные контрольно-пропускные пограничные пункты обеспечивают значительную степень защиты от проникновения заболеваний, сельскохозяйственных вредителей и болезнетворных микроорганизмов. Продукты и вещества, задержанные на карантинном пункте, могут быть чрезвычайно разнообразными, включая пищевые и бумажные отходы с самолетов и кораблей, сырье и переработанные материалы, такие как корзины или сувениры, зараженные микроорганизмами материалы (например, изделия из дерева с жуками-точильщиками) либо зерно с семенами сорняков, строительные материалы или механизмы с загрязненной почвой.

Во всех случаях приоритетное внимание должно уделяться надлежащей обработке с целью уничтожения микроорганизмов и/или соответствующих материалов. Исторически предпочтительным методом такой обработки было сжигание, однако в настоящее время следует учитывать и иные технологии, не основанные на сжигании, например стерилизацию паром. Примером коммерческого решения, принятого с участием местной общины, было решение о переходе от высокотемпературного сжигания к стерилизации паром, принятое в международном аэропорту Окленда в Новой Зеландии в 2005 году. Соответствующая установка с пропускной способностью в 22 тонны в сутки была введена в строй в начале 2006 года и с тех пор работала непрерывно и бесперебойно вплоть до времени публикации настоящего издания – до декабря 2006 года.

### Приложение 1 Практический пример управления отходами учреждений системы здравоохранения<sup>15</sup>

Неправительственные организации Srishti и ToxicsLink, расположенные в Нью Дели, с 1996 года проводят работу по поддержке учреждений здравоохранения в решении проблем управления медицинскими отходами. По их мнению, в решении данных проблем медицинскими учреждениями чрезвычайно важен положительный настрой и желание администрации. Некоторые частные больницы в Нью Дели начали такую работу в 1998 году, вскоре после принятия национальных нормативов по отходам учреждений здравоохранения. В этих случаях системные и политические решения проводились административным руководством этих больниц. Сегодня, в ходе реализации обязательств, принятых в 1998 году и в последующие годы, в этих больницах внедрены соответствующие системы. В тех же больницах, где руководство рассматривало проблемы управления отходами как излишнюю нагрузку на администрацию и сотрудников, такие программы реализованы не были.

Там, где были успешно внедрены программы управления отходами, руководители учреждений совершали регулярные обходы для выявления проблем и непосредственного их разрешения с соответствующими сотрудниками. Активную роль в программах по управлению отходами также играли главный врач и старшая медсестра. В других случаях успешная программа реализовалась благодаря усилиям созданной в больнице команды. При полной поддержке административного руководства был назначен комитет по полному управлению отходами, возглавляемый заместителем директора. Для успешной реализации программы требовалось проводить регулярную специальную подготовку персонала. На важность такой подготовки обращалось особое внимание и выделялось специальное рабочее время на ее проведение.

Поскольку около 80% отходов медицинских учреждений являются общими, неинфекционными и неопасными отходами, важными видами деятельности были сортировка и рециркуляция отходов. Во многих больницах были установлены автоклавы, современные

<sup>15</sup> Информация получена от: Srishti (New Delhi, India): <http://www.toxicslink.org/ovrvw-prog.php?prognum=1> и *Safe Management of Bio-Medical Sharps Waste in India (Безопасное управление био-медицинскими колюще-режущими отходами в Индии)*, SEA-EH-548, World Health Organization South-East Asia Regional Office, 2005.

системы обработки паром – гидроклавы, либо микроволновые стерилизаторы для обработки большей части инфицированных отходов. Патологические отходы направлялись в крематорий. Неинфекционные отходы удалялись как обычные бытовые отходы. Обработка и удаление колюще-режущих отходов представляли собой особую проблему в свете специфической опасности зараженных игл. Некоторые колюще-режущие отходы подвергались захоронению в специально отведенных местах. В других случаях такие отходы обрабатывались в автоклавах, после чего измельчались и направлялись на переработку отдельно по категориям (пластик, металл). В документе ВОЗ *Безопасное управление био-медицинскими колюще-режущими отходами в Индии* рассматривается тринадцать конкретных практических примеров решения этих проблем. Неправительственные организации также поддерживали обеспечение малых сельских учреждений маломасштабными экономичными системами обработки отходов, такими как автоклавы на солнечных батареях, а также прочими разработками, представленными на международный конкурс «Здравоохранение без вреда» по альтернативным технологиям обработки отходов для сельских районов ([www.medwastecontest.org](http://www.medwastecontest.org)).

### **(iii) Совместные преимущества наилучших имеющихся методов применительно к химическим веществам, перечисленным в Приложении С**

#### **1. Общие соображения**

Применение наилучших имеющихся методов в отношении химических веществ, перечисленных в Приложении С Стокгольмской Конвенции, зачастую может дать различные дополнительные преимущества. С другой стороны мероприятия, направленные на защиту здоровья человека и окружающей среды от иных загрязняющих веществ, способствует снижению и устранению химических веществ, перечисленных в Приложении С.

Таковыми иными загрязняющими веществами могут быть твердые частички вещества, некоторые металлы (например, ртуть), оксиды азота (NO<sub>x</sub>), двуокись серы (SO<sub>2</sub>) и летучие органические соединения. Соответствующие мероприятия включают процессы по очистке дымовых газов, сточных вод и обработке твердых остатков, а также мониторинг и отчетность.

Ниже приводятся примеры некоторых таких взаимосвязей и совместных преимуществ, более подробная информация по наилучшим имеющимся методам и наилучшим видам природоохранной деятельности представлена в разделах настоящего документа, посвященных конкретным категориям источников.

#### **2. Информация, информированность и подготовка**

Мероприятия по предоставлению информации, обеспечению информированности и проведению подготовки в связи с проблемами здравоохранения и защиты экологии могут приносить совместные преимущества в плане сокращения химических веществ, перечисленных в Приложении С, а также иных загрязняющих веществ.

#### **3. Процессы по очистке дымовых газов**

Различные процессы по очистке дымовых газов дают совместные преимущества и в отношении перечисленных в Приложении С химических веществ и иных загрязнителей. Например:



### **3.1 Локализация, сбор и вентиляция**

Эти мероприятия помогают сократить воздействие на человеческий организм в среде проживания и в производственной среде такого фактора, как общее количество твердых частиц, количество твердых частиц менее 10 микрон (PM10) и твердых частиц менее 2,5 микрон (PM2,5). В результате может также сократиться объем воздействия загрязнителей, связанных с твердыми частицами, например, металлов и соединений металлов (свинца) и газообразных загрязнителей, таких как летучие органические соединения.

### **3.2 Процессы пылеулавливания**

Такие устройства, как циклоны, электростатические пылеуловители и тканевые фильтры сокращают эмиссии в окружающую среду твердых частиц и загрязнителей, связанных с твердыми частицами.

### **3.3 Скрубберные процессы**

Такие процессы сокращают выбросы твердых частиц путем применения эффективных каплеуловителей и могут также сокращать выбросы газообразных загрязнителей, таких как кислые газы и ртуть. Десульфуризация дымовых газов позволяет сократить выбросы SO<sub>2</sub>.

### **3.4 Сорбционные процессы**

Такие процессы, как адсорбция активированным углем, позволяют сократить возможные выбросы ртути, летучих органических соединений, двуокиси серы (SO<sub>2</sub>), хлористого водорода (HCl), фтористого водорода (HF) и полихлорированных дибензо-п-диоксинов и полихлорированных дибензофуранов (ПХДД/ПХДФ).

### **3.5 Каталитические процессы**

Такие процессы, как селективная каталитическая реакция восстановления NO<sub>x</sub>, могут также способствовать сокращению выбросов газовой фазы химических веществ, перечисленных в Приложении С, если в системе также имеет место каталитическое окисление. Селективная каталитическая реакция может также привести к окислению элементарной ртути, которая водорастворима и может быть удалена в системах десульфуризации дымовых газов. Каталитические тканевые фильтры также способствуют сокращению выбросов летучих органических соединений.

## **4. Процессы по очистке сточных вод**

Первичная очистка сточных вод позволяет удалить взвешенные твердые частицы. Третичная очистка, например, активированным углем, позволяет удалить различные органические соединения.

Фильтрационный осадок от очистки сточных вод считается опасным видом отходов. И должен удаляться экологически безопасным образом (например, в специально оборудованных захоронениях).

## **5. Процессы по очистке твердых остатков**

Такие процессы, как солидификация и термическая обработка твердых остатков сточных вод позволяют сократить общее содержание загрязняющих веществ и уменьшить объемы выщелачивания различных загрязнителей в окружающую среду.

## **6. Мониторинг и отчетность**

Применительно к различным установкам может выдвигаться требование мониторинга, измерения, оценки выбросов в окружающую среду и предоставления отчетности по таким выбросам. В результате таких мер может предоставляться информация для общественности по различным загрязняющим веществам и мерам по постоянному улучшению экологических параметров деятельности соответствующих установок.

Периодическое проведение комплексных замеров в отношении широкого спектра загрязняющих веществ, включая ПХДД/ПХДФ, гексахлорбензол (ГХБ), и полихлорированные бифенилы (ПХБ), в дополнение к рутинному мониторингу наиболее распространенных загрязнителей может предоставить полезную информацию по многим потенциальным источникам химических веществ, перечисленных в Приложении С, и других загрязнителей.

#### **(iv) Регулирование дымовых газов и иных отходов**

### **1. Методы очистки дымовых газов (воздухоочистительные устройства)**

В принципе, сокращение выбросов полихлорированных дибензо-п-диоксинов (ПХДД) и полихлорированных дибензофуранов (ПХДФ) может достигаться при помощи следующих процессов по очистке отходящих газов:

- Дожигатели;
- Системы резкого охлаждения;
- Пылеотделение;
- Скрубберные установки;
- Сорбционные процессы;
- Каталитическое окисление.

Воздухоочистительные устройства могут предусматривать мокрую, сухую или полусухую очистку, в зависимости от роли воды в процессе очистки. Воздухоочистительные устройства для мокрой и, в некоторой степени, полусухой очистки требуют дополнительных процессов для очистки сточных вод до их выпуска из сооружения.<sup>16</sup>

Твердые отходы, получаемые от процессов сухой и полусухой очистки (а также мокрой очистки после обработки сточных вод) должны удаляться экологически безопасным образом либо подвергаться дополнительной очистке до удаления или возможного повторного использования.

Более подробная информация в отношении применения этих процессов в мусоросжигательных установках приводится в разделе V.A. 6.4.

#### **1.1. Сравнение технологий очистки ПХДД/ПХДФ**

Технологии, оказавшиеся наиболее эффективными для снижения содержания стойких органических загрязнителей в домашних газах - это технологии, использующие адсорбенты и средства улавливания твердых частиц, а также технологии, использующие катализаторы. В Таблице 1 приводится сопоставительная эффективность некоторых технологий очистки ПХДД/ПХДФ.

Стоимость устройств по очистке ПХДД/ПХДФ на существующих сооружениях может быть снижена при использовании синергии с имеющимися устройствами по очистке воздуха:

- Путем инъекции активированного кокса применение существующего тканевого фильтра или электростатического пылеуловителя может распространяться на реакторы потоковой инъекции для снижения содержания ПХДД/ПХДФ. Дополнительные издержки по сокращению ПХДД/ПХДФ связаны с хранением, транспортировкой, инъекцией и утилизацией активированного кокса, который

<sup>16</sup> Факторы сжигания и иные факторы, влияющие на образование и выбросы химических веществ, перечисленных в Приложении С Стокгольмской конвенции, до этапа очистки дымовых газов, описываются в конкретных руководствах по отраслям (разделы V и VI).

используется как дополнительный адсорбент, а также с необходимостью безопасного обращения с углеродным материалом и удаления остатков, которые могут приобрести новые свойства.

- ПХДД/ПХДФ могут разрушаться при помощи каталитического нейтрализатора. Для этих целей может использоваться имеющийся катализатор для селективного удаления  $\text{NO}_x$  (оксидов азота). Дополнительные издержки связаны с увеличением поверхности катализатора путем добавления одного или двух слоев катализатора, что позволяет снизить уровень концентрации ПХДД/ПХДФ ниже  $0.1 \text{ нг ТЭО/нм}^3$ .<sup>17</sup>

В дополнение к удалению или разрушению ПХДД/ПХДФ будет снижаться содержание и других загрязнителей, таких как тяжелые металлы, аэрозоли и другие органические загрязнители.

**Таблица 1. Сравнение систем удаления ПХДД/ПХДФ**

Системы	Эффективность удаления ПХДД/ПХДФ	Совместные преимущества
Циклонные системы	Низкая эффективность	Улавливание крупной пыли
Электростатическое пылеулавливание	Низкая эффективность	Предназначены для пылеулавливания
Мешочные фильтры	Средняя эффективность	Предназначены для пылеулавливания
Мокрые скрубберы	Средняя эффективность	Предназначены для улавливания пыли или кислых газов
Системы резкого охлаждения с последующим мокрым скруббером высокой эффективности	Эффективность от средней до высокой	Одновременное сокращение объемов пыли, аэрозолей, $\text{HCl}$ , $\text{HF}$ , тяжелых металлов и $\text{SO}_2$
Дожигатели	Высокая эффективность	Нет остатков, но требуется система резкого охлаждения для очистки дымовых газов
Каталитическое окисление (избирательное каталитическое восстановление)	Высокая эффективность; разрушение ПХДД/ПХДФ и иных органических соединений	Нет остатков, одновременное сокращение объемов $\text{NO}_x$
Каталитические мешочные фильтры	Высокая эффективность	Одновременное удаление пыли
Сухая абсорбция в смолах (углеродные частицы дисперсируются в полимерной матрице)	Зависит от объема используемого материала	Селективна в отношении ПХДД/ПХДФ; использованный материал может быть впоследствии сожжен

<sup>17</sup> 1 нг (нанограмм) =  $1 \times 10^{-12}$  килограмм ( $1 \times 10^{-9}$  грамм);  $\text{нм}^3$  = нормальный кубический метр, объем сухого газа, измеренный при  $0^\circ\text{C}$  и 101.3 кПа. Информация об отчетности по результатам ПХДД/ПХДФ приводится в разделе I.C, подразделе 3 настоящего руководства.

Реактор с потоковыми газами и добавлением раствора активированного угля или кокса/извести либо известняковых растворов, и последующий тканевый фильтр	Эффективность от средней до высокой	Одновременное сокращение объемов различных загрязнителей, таких как ПХДД/ПХДФ и ртуть; материал может быть после использования сожжен <sup>а</sup>
Реактор с неподвижным слоем или циркулирующим псевдоожиженным слоем, адсорбция активированным углем или мартеновским коксом	Высокая эффективность	Одновременное сокращение объемов различных загрязнителей, таких как ПХДД/ПХДФ и ртуть; материал может быть после использования сожжен <sup>а</sup>

а. Поскольку углеродный адсорбент также адсорбирует ртуть, при сжигании использованного углеродного материала необходимо контролировать циркулирование ртути. Соответственно потребуются дополнительное удаление ртути.

## 1.2. Системы резкого охлаждения

Системы водоохлаждения также используются для резкого снижения температуры дымовых газов до уровня ниже порога образования химических веществ, перечисленных в Приложении С Стокгольмской конвенции. Такие системы и соответствующие системы очистки сточных вод должны проектироваться с расчетом на более высокое содержание твердых частиц, которые в конечном итоге окажутся в промывных водах.

## 1.3. Дожигатели

Дожигатели бывают либо автономными, либо интегрированными в основную камеру сгорания и предназначены для уничтожения несгоревших либо частично сгоревших углеродных соединений в отходящих газах. В зависимости от реальных условий может потребоваться применение катализатора, дополнительного воздуха для горения или горелки (на природном газе). В тех случаях, когда это необходимо, должны издаваться законодательные нормативы в отношении минимальных температур для достижения деструкции применительно к тому или иному процессу. Необходимо принимать меры для обеспечения должного использования дожигателей.

## 1.4. Пылеотделение

ПХДД/ПХДФ выбрасываются с дымовыми газами через газовую фазу, а также в связанной с частицами форме. Особенно обогащается тонкодисперсная фракция благодаря ее высокой удельной поверхности. Поскольку отделение тонкодисперсной фракции не всегда достигается в электростатических осадителях, специализированные тканевые фильтры более эффективны для снижения выбросов ПХДД/ПХДФ. Добавление сорбентов может повысить эффективность удаления (Hübner et al. 2000).

### 1.4.1. Циклонные и мультициклонные системы

Циклоны и мультициклоны (состоящие из нескольких малых циклонов) извлекают твердые частицы из потока газа при помощи центробежной силы. Циклоны гораздо менее эффективны для снижения выбросов твердых частиц, чем такие устройства, как электростатические осадители или тканевые фильтры, и они не используются самостоятельно в современных системах очистки дымовых газов.

### 1.4.2. Электростатические осадители

Электростатические осадители (в Европе эти системы обычно называют электростатическими фильтрами) обычно используются для сбора и снижения содержания

твердых частиц в газообразных продуктах сгорания, так как они создают сильное электрическое поле в потоке дымового газа (Рисунок 2). В результате заряжаются частицы, вовлеченные в газообразные продукты сгорания.

Большие осадительные пластины получают противоположный заряд для притягивания и улавливания частиц. Эффективность улавливания является функцией электрического сопротивления улавливаемых частиц. Электростатические осадители эффективно удаляют большую часть твердых частиц, включая адсорбированные частицами химические вещества, перечисленные в Приложении С.

**Рисунок 2. Принципиальная схема электростатического осадителя**



Источник: European Commission 2005.

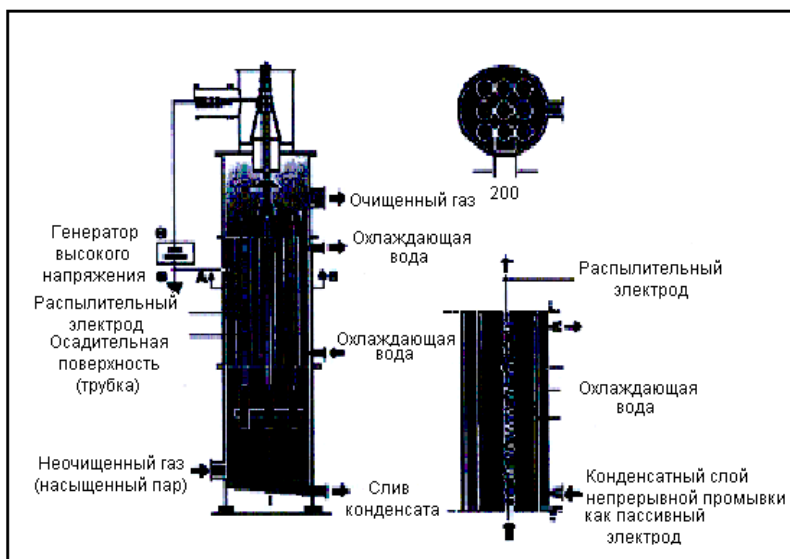
Образование химических веществ, перечисленных в Приложении С, может происходить внутри электростатического осадителя при диапазоне температур от 200° С до 450° С. При повышении температуры на впуске электростатического осадителя от 200° до 300° С, наблюдается повышение концентраций ПХДД/ПХДФ с повышением температуры. При повышении температуры выше 300° С, показатели образования ПХДД/ПХДФ понижаются.

Обычный диапазон рабочих температур для электростатических осадителей составляет 160°-260° С. Более высоких температур (например, 250° С) следует избегать, поскольку при этом повышается риск образования ПХДД/ПХДФ.

В мокрых электростатических осадителях используются жидкости, обычно вода, для смывания загрязнителей с осадительных пластин. Такие системы функционируют лучше всего, когда поступающие газы имеют более низкую температуру или являются влажными.

В конденсационных электростатических осадителях используются наборы пластиковых трубок с внешним водяным охлаждением для осаждения тонкодисперсных жидкостей или твердых частиц путем ускорения конденсации при помощи водоохлаждения (Рисунок 3).

**Рисунок 3. Конденсационный электростатический осадитель**

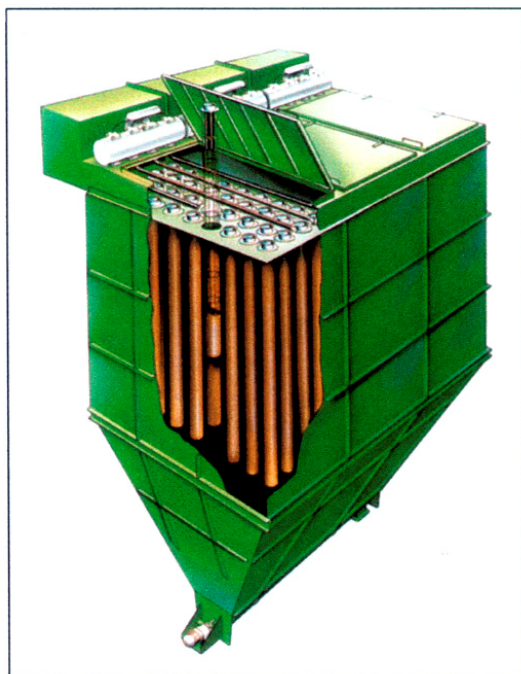


Источник: European Commission 2005.

### 1.4.3. Тканевые фильтры

Тканевые фильтры также называются тканевыми рукавными или мешочными фильтрами (Рисунок 4). Эти устройства улавливания твердых частиц высоко эффективны для устранения перечисленных в Приложении С химических веществ, которые могут связываться с частицами и парами, адсорбирующимися на частицах в потоке отходящих газов.

**Рисунок 4. Схематическое изображение тканевого фильтра**



Источник: European Commission 2005.

Фильтры обычно представляют собой мешки от 16 до 20 см в диаметре, 10 м в длину, сделанные из стекловолоконного материала или политетрафторэтилена (ПТФЭ), устанавливаемые последовательно (см. Таблицу 2). При помощи индукционного

вентилятора газообразные продукты горения прогоняются через плотную ткань, на которой образуется фильтровальный осадок. Пористость ткани и образующийся фильтровальный осадок позволяют мешкам действовать в качестве фильтрующей среды и улавливать широкий диапазон частиц с размерами менее 1  $\mu\text{m}$  в диаметре (хотя при размере в 1  $\mu\text{m}$  эффективность захвата начинает понижаться).<sup>18</sup> Тканевые фильтры подвержены разрушению под воздействием воды и коррозии, и для предотвращения такого воздействия температура газовых потоков должна поддерживаться на точке росы (130°-140°С). Некоторые фильтровальные материалы более устойчивы к повреждениям такого рода. Тканевые фильтры чувствительны к кислотам; поэтому их обычно устанавливают совместно с распылительными адсорбционными сушками для удаления кислых газов выше по потоку. Распылительные сушки также служат для охлаждения впускных газов. Без такого охлаждения может происходить образование перечисленных в Приложении С химических веществ на тканевых фильтрах, аналогично их образованию в электростатических осадителях.

Сопоставление систем пылеудаления приводится в Таблице 3.

**Таблица 2. Характеристики материалов тканевых фильтров**

Материал	Максимальная температура (°С)	Устойчивость		
		кислотостойкость	щелочестойкость	физическая эластичность
хлопок	80	низкая	хорошая	очень хорошая
полипропилен	95	отличная	отличная	очень хорошая
шерсть	100	удовлетворительная	низкая	очень хорошая
полиэфир	135	хорошая	хорошая	очень хорошая
нейлон	205	от низкой до удовлетворительной	отличная	отличная
ПТФЭ	235	отличная	отличная	удовлетворительная
полиамид	260	хорошая	хорошая	очень хорошая
стекловолокно	260	от удовлетворительной до хорошей	от удовлетворительной до хорошей	удовлетворительная

Источник: European Commission 2005.

**Таблица 3. Сопоставление систем пылеудаления**

Система пылеудаления	Типичные концентрации эмиссионной пыли	Преимущества	Недостатки
Циклоны и мультициклоны	циклоны: 200–300 мг/м <sup>3</sup> мультициклоны: 100–150 мг/м <sup>3</sup>	Прочные, относительно простые и надежные Применяются при сжигании мусора	Только для предварительного обеспыливания Относительно высокое энергопотребление (в сравнении с электростатическим осадителем)
Электростатический осадитель, сухой	< 5–25 мг/м <sup>3</sup>	Относительно малое энергопотребление Может работать при	Образование ПХДД/ПХДФ при температурах в

<sup>18</sup> 1  $\mu\text{m}$  (микрометр) =  $1 \times 10^{-6}$  метра.

Система пылеудаления	Типичные концентрации эмиссионной пыли	Преимущества	Недостатки
		температурах газа 150°–350 °С, но эффективно ограничен 200 °С из-за возможности образования ПХДД/ПХДФ (см. правую колонку)	диапазоне 200°–450° С
Электростатический осадитель, мокрый	< 5 мг/м <sup>3</sup>	Способен достигать низких концентраций загрязнителя	В основном применяется после обеспыливания Образуются смывные отработанные воды Повышается видимость шлейфа
Мешочный фильтр	< 5 мг/м <sup>3</sup>	Слой осадка действует как дополнительный фильтр и адсорбционный реактор	Относительно высокое энергопотребление (в сравнении с электростатическим осадителем) Чувствителен к конденсации воды и к коррозии

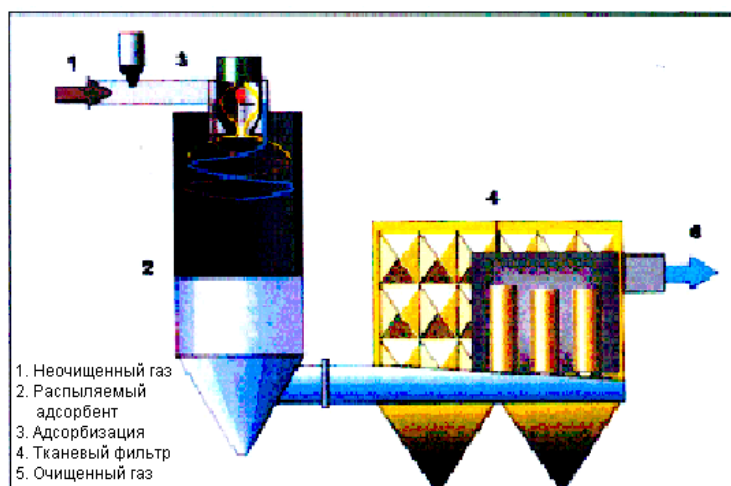
Источник: European Commission 2005.

## 1.5. Скрубберные установки

### 1.5.1. Сухая очистка с распылением

Сухая очистка с распылением, также называемая сухой сорбцией, или полу-мокрой очисткой, удаляет как кислый газ, так и взвешенные частицы из газов, отходящих из камеры сгорания. В типичном варианте конструкции, горячие газы по выходе из печи поступают в реактор скруббера (Рисунок 5).

Рисунок 5. Сухая очистка с распылением/адсорбция



Источник: European Commission 2005.

Атомизированное гидратное известковое молочко (вода плюс известь) впрыскивается в реактор с контролируемой скоростью. Суспензия быстро смешивается с дымовыми газами



внутри реактора. Вода из суспензии быстро испаряется, и за счет теплоемкости испарения температура дымового газа резко понижается. Нейтрализующая способность гидратной извести может снизить содержание кислых компонентов в дымовом газе (например, HCl и SO<sub>2</sub>) на 90%. Однако, на установках по сжиганию отходов скрубберные системы сухой очистки с распылением обычно достигают уровня очистки SO<sub>2</sub> в 93% и HCl в 98%. Сухой продукт, состоящий из твердых частиц и гидратной извести, либо оседает на дне корпуса реактора, либо захватывается последующим устройством для улавливания твердых частиц (электростатическим осадителем или тканевым фильтром).

Технология сухой очистки с распылением используется в сочетании с тканевыми фильтрами или электростатическими осадителями. В дополнение к снижению объемов кислых газов и твердых частиц, а также летучих металлов, сухая очистка с распылением снижает впускные температуры, что сокращает образование химических веществ, перечисленных в Приложении С. Образование и выбросы ПХДД/ПХДФ в значительной степени предотвращаются резким охлаждением дымовых газов до диапазона температур, не благоприятствующих образованию ПХДД/ПХДФ, а также повышением эффективности улавливания результирующих твердых частиц.

Твердый остаток после сухой очистки с распылением обычно содержит смесь сульфатов, сульфитов, летучей золы, загрязнителей и не вступивших в реакцию адсорбентов; такой твердый остаток подлежит захоронению на свалке.

### 1.5.2. Скрубберы мокрой очистки газов

Мокрая очистка включает ряд процессов, предназначенных для удаления кислого газа и пыли. Альтернативные технологии включают форсуночные, центробежные скрубберы, скрубберы Вентури, скрубберы с брызгалами, башенные скрубберы сухой очистки и башенные скрубберы с насадкой (European Commission 2005). Скрубберы мокрой очистки способствуют уменьшению образования и выбросов химических веществ, перечисленных в Приложении С, как в парообразном, так и во взвешенном виде. В двухступенчатом скруббере на первой ступени при впрыскивании воды удаляется хлористый водород (HCl), а на второй ступени при добавлении каустической соды или гидратной извести удаляется сернистый газ (SO<sub>2</sub>). В процессе мокрой скрубберной очистки может образовываться гипс, что уменьшает объем отходов, подлежащих захоронению на свалках.

В случае скрубберов с насадкой, насадка, содержащая полипропилен с углем, может использоваться для специфического удаления ПХДД/ПХДФ

Мокрые скрубберы имеют наивысшую эффективность удаления в отношении растворимых кислых газов в сравнении с другими системами, где эффективность удаления является функцией от pH скрубберных вод. Твердые частицы в скрубберных водах могут также взаимодействовать с ПХДД/ПХДФ в подвижном газовом потоке, что сказывается на надежности данных о взаимосвязи между результатами периодического мониторинга состава дымовых газов и эффективностью установки с точки зрения разрушения загрязняющих веществ.

Эффекты памяти в основном объясняются накоплением различных конгенов ПХДД/ПХДФ в пластиковых материалах, используемых в мокрых скрубберах. Такой эффект может длиться несколько часов либо быть долговременным. Поэтому предпочтительно удалять ПХДД/ПХДФ до процесса мокрой скрубберной очистки с тем, чтобы уменьшить эффект памяти. Необходимо произвести оценку накопления ПХДД/ПХДФ в скруббере и принять необходимые меры, чтобы противодействовать такому накоплению и «проскоковым» выбросам из скрубберов. Особое внимание должно уделяться возможности срабатывания эффекта памяти в моменты остановки и запуска установок.

### 1.5.3. Абсорбер тонкодисперсной пыли

Абсорберы тонкодисперсной пыли оборудуются большим числом пневматических двухкомпонентных форсунок (для воды и сжатого воздуха). Такие высокоэффективные

абсорберы могут сепарировать покрытую ПХДД/ПХДФ тонкодисперсную пыль посредством мелкодисперсного разбрызгивания абсорбирующего раствора и высокой скорости водяных капель. Кроме того, охлаждение отходящих газов и нижнее охлаждение в абсорбере инициируют конденсацию и повышают абсорбцию летучих компонентов на частичках пыли. Абсорбирующий раствор обрабатывается по технологии очистки сточных вод. Добавление адсорбентов может дополнительно понизить содержание ПХДД/ПХДФ. Простые скрубберы для сепарации кислых отходящих газов не позволяют достичь значимого удаления ПХДД/ПХДФ. Высокоэффективные абсорберы позволяют достигать уровня в 0.2–0.4 нг I-TEQ/нм<sup>3</sup>, что соответствует эффективности улавливания около 95% (Hübner et al. 2000). Отходы, образующиеся в результате этого процесса, обычно удаляются в специально оборудованных могильниках.

## **1.6. Сорбционные процессы**

### **1.6.1. Фильтры со стационарным слоем**

В технологии фильтров стационарного слоя предварительно очищенные дымовые газы при температурах в 110°–150 °С пропускаются через слой адсорбирующего материала на углеродной основе. Необходимые устройства включают систему поставки свежего адсорбента, реактор со стационарным слоем и систему удаления использованного адсорбента. Слой активированного кокса отделяет остаточную пыль, аэрозоли и газообразные загрязнители. Он перемещается в поперечном и противоточном направлении для того, чтобы избежать забивания фильтрующего слоя, например, остаточной пылью.

Обычно кокс с осажденными ПХДД/ПХДФ уничтожается путем внутреннего сгорания, при этом разрушается большая часть органических загрязнителей. Неорганические загрязнители попадают в шлаки или улавливаются в системе тонкой очистки отходящих газов. Очистка через процессы со стационарным слоем позволяет достичь 99.9% удаления ПХДД/ПХДФ. Современные установки обеспечивают соответствие эксплуатационному нормативу в 0.1 нг I-TEQ/нм<sup>3</sup> (Hübner et al. 2000; Hartenstein 2003).

### **1.6.2. Технологии впрыскивания**

Для того, чтобы повысить сепарирующую эффективность тканевых фильтров, в поток отходящих газов впрыскиваются адсорбенты с повышенной захватывающей способностью относительно ПХДД/ПХДФ. Обычно в качестве адсорбентов используют активированный уголь или печной кокс, вместе с гидратной известью. Сепарирование происходит на тканевом фильтре, расположенном в конце технологической цепочки. Там улавливаются адсорбенты и пыль, и формируется фильтрующий слой. Необходимо иметь адекватную систему уничтожения отфильтрованной пыли, содержащей ПХДД/ПХДФ. Стандартные технологические температуры составляют 135° - 200° С.

Обычно кокс с осажденными ПХДД/ПХДФ уничтожается путем внутреннего сгорания, при этом разрушается большая часть органических загрязнителей. Неорганические загрязнители попадают в шлаки или улавливаются в системе тонкой очистки отходящих газов.

Посредством технологий впрыскивания в поток достигается эффективность фильтрации в 99%. Эффективность удаления ПХДД/ПХДФ зависит от качества впрыскиваемого адсорбента, эффективности системы смешивания адсорбента с дымовым газом, типа пылепоглощающего фильтра и функционирования всей системы. Еще одним критически важным параметром является удельный массовый расход впрыскиваемого адсорбента. Для наибольшей эффективности данной технологии необходимо использовать тканевый рукавный фильтр. Современные установки обеспечивают соответствие эксплуатационному нормативу в 0.1 нг I-TEQ/нм<sup>3</sup> (Hübner et al. 2000; Hartenstein 2003).

### **1.6.3. Поточный реактор**

Для данной технологии применяются те же адсорбенты, что и для технологии впрыскивания адсорбентов. Однако, адсорбент обычно применяется в смеси с гидратной известью или

иным инертным материалом, таким как известняк, негашеная известь или бикарбонат натрия. До поточного реактора, предназначенного для тонкой очистки дымовых газов, требуется установить стандартную систему очистки дымовых газов для удаления основной части летучей золы и кислых газов. Необходимые устройства включают устройство подачи свежего адсорбента, тканевой фильтр, систему рециркуляции и систему удаления использованного адсорбента. Стандартные технологические температуры находятся в диапазоне 110° - 150° С. Современные установки обеспечивают соответствие эксплуатационному нормативу в 0,1 нг I-TEQ/нм<sup>3</sup> (Hartenstein 2003).

#### 1.6.4. Сухая абсорбция (в смолах)

Разработана новая технология очистки дымовых газов, объединяющая адсорбцию и абсорбцию ПХДД/ПХДФ на пластиковом материале, содержащем дисперсные углеродные частицы. В этом новом материале ПХДД/ПХДФ сначала адсорбируются на полимерной матрице, а затем рассеиваются на поверхность углеродных частиц, где происходит их необратимая абсорбция. Наиболее часто Adiox<sup>TM</sup> применяется в башенных насадках газоочистительных систем. К настоящему времени более 30 полномасштабных линий с объемом прохождения отходящих газов от 5000 до 100000 нм<sup>3</sup>/час установлены в мокрых системах очистки отходящих газов. Эффективность удаления зависит от объема инсталлированного материала. Данная технология может применяться в качестве основной системы очистки от ПХДД/ПХДФ, либо для повышения надежности или снижения эффекта памяти в мокрых скрубберах. Если Adiox устанавливается в адсорберах сухой очистки, эффективность удаления загрязнителей в расчете на объем инсталлированного материала выше, чем в иных случаях (Andersson 2005).

### 1.7. Каталитическое окисление ПХДД/ПХДФ

#### 1.7.1. Селективное каталитическое восстановление

Процессы каталитического окисления, обычно используемые для снижения выбросов оксида азота, также применяются для деструкции ПХДД/ПХДФ. Поэтому необходимым требованием для достижения общего низкого уровня выбросов химических веществ, перечисленных в Приложении С, является эффективное обеспыливание (например, с размером частиц в выбросах менее 5 мг/м<sup>3</sup>). Для удаления только ПХДД/ПХДФ (например, в процессе DeDiox), инъекции аммиака не нужны. В данном случае технологические температуры варьируют от 130° до 350° С.

Основными преимуществами данного процесса является простота эксплуатации и отсутствие остатков, за исключением очень небольшого количества использованного катализатора. Поэтому каталитическое окисление не создает проблем утилизации.

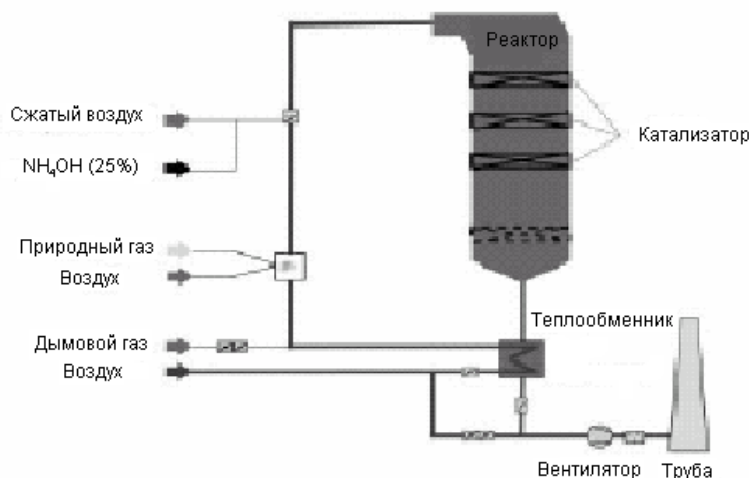
Реакция химического разложения для Cl<sub>4</sub>DD:  $C_{12}H_4Cl_4O_2 + 11 O_2 \rightarrow 12 CO_2 + 4 HCl$

Обычно такие установки включаются в системы очищенного газа, т.е. пыль и тяжелые металлы улавливаются до каталитической стадии с тем, чтобы предотвратить быстрый износ и деактивацию катализатора из-за каталитических ядов.

При каталитическом окислении может улавливаться только фракция ПХДД/ПХДФ в газовой фазе. Тем не менее, может достигаться уровень очистки в 95 - 99%. Степень удаления ПХДД/ПХДФ зависит от объема катализатора, температуры реакции и скорости прохождения дымового газа через катализатор. В тестовых испытаниях были получены эмиссионные значения ПХДД/ПХДФ ниже 0.01 нг I-TEQ/нм<sup>3</sup> (сухой основы, 11% O<sub>2</sub>).

В процессе селективного каталитического восстановления для одновременного удаления ПХДД/ПХДФ и NO<sub>x</sub> производится инъекция воздушно-аммиачной смеси в поток дымового газа, который далее пропускается через ячеистый катализатор (Рисунок 6). Аммиак и NO<sub>x</sub> вступают в реакцию с образованием воды и N<sub>2</sub> (European Commission 2005; Hübner et al. 2000; Hartenstein 2003).

**Рисунок 6. Реактор высокотемпературного селективного каталитического восстановления для одновременного удаления  $\text{NO}_x$  и ПХДД/ПХДФ**



Источник: Hartenstein 2003.

### 1.7.2. Каталитические рукавные фильтры

Каталитические рукавные фильтры с ПТФЭ мембраной позволяют снизить концентрацию пыли в очищенных дымовых газах до  $1\text{--}2 \text{ мг/м}^3$ . В настоящее время применяются в мусоросжигательных установках, крематориях, на металлургических предприятиях и цементных заводах. Мешочные фильтры, импрегнированные катализатором, либо содержащие порошковый катализатор, внесенный при производстве волокна, используются для снижения эмиссии ПХДД/ПХДФ. Такой тип мешочных фильтров обычно используется без добавления активированного угля с тем, чтобы ПХДД/ПХДФ могли разрушаться на катализаторе, а не абсорбироваться углем и выбрасываться в твердом остатке. Эксплуатируются при температурах от  $180^\circ$  до  $250^\circ \text{ C}$ .

Система каталитических фильтров включает микропористое ПТФЭ волокно с каталитическими частицами, встроенными в структуру волокна. В данном процессе волокно получается путем смешивания частиц ПТФЭ с катализатором и их последующей обработки. Микропористая ПТФЭ мембрана ламинируется с получением микропористого волокна (состоящего из ПТФЭ и катализатора), которое и служит фильтрационной средой. Этот материал затем вшивают в фильтровальные мешки, которые могут устанавливаться в рукавном фильтре. Применение таких фильтров в крематориях Германии и Японии позволило достичь уровня эмиссии ниже  $0,1 \text{ нг I-TEQ/м}^3$  (Xu et al. 2003).

## 2. Обработка остатков очистки дымовых газов

Очистка дымовых газов для удаления загрязнителей (согласно вышеописанному) приводит к образованию различных остатков, которые либо должны удаляться, либо подлежат дополнительной обработке до удаления и возможного повторного использования. Возможности удаления или повторного использования таких остатков зависят от типа и степени загрязнения, а также от матрицы отходов (инертной фракции). Остатки от обработки дымовых газов могут быть в форме твердых частиц (например, пыль из рукавных фильтров или электростатических осадителей), сточных вод или ила, содержащих различные объемы растворенных и взвешенных твердых частиц (например, стоки из мокрых электроосадителей и иных мокрых скрубберов), или отработанных адсорбирующих материалов (например, насыщенные смолы). Такие остатки могут содержать не только

инертные материалы, но и токсичные металлы (мышьяк, свинец, кадмий, ртуть и пр.), а также ПХДД/ПХДФ<sup>19</sup>. Такие остатки могут быть удалены одним из нижеописанных способов. Современная практика очистки и утилизации остатков, полученных в результате очистки дымовых газов, включает повторное использование в процессе, в котором они были получены, захоронение на свалках, стабилизация и последующая утилизация, витрификация, добавление в материалы для строительства дорог, валоризация в соляных или угольных шахтах, каталитическая или термическая обработка.

Согласно Приложению 1 Базельской конвенции о контроле за трансграничной перевозкой опасных отходов и их удалением, отходы, включая летучую золу, в состав которых входят ПХДД/ПХДФ, классифицируются как опасные отходы.

## **2.1. Управление твердыми остатками очистки дымовых газов<sup>20</sup>**

Одним из основных остатков очистки дымовых газов (остатков воздухоочистки) является летучая зола. Удаление летучей золы из дымовых газов при помощи сухих скрубберов, циклонов или тканевых фильтров приводит к образованию сухого пылевидного материала из твердых частиц, обладающего рядом свойств и загрязнителей, зависящих от источника сгорания, продуцировавшего эту золу. Системы контроля за загрязнением воздуха, устанавливаемые на различных источниках сгорания, включая установки по сжиганию бытовых и опасных отходов, сталелитейные печи и цементные печи, генерируют такие остатки в виде мелкодисперсных твердых частиц при применении сухих средств очистки воздуха. Такие мелкодисперсные остатки содержат различные количества металлов (в зависимости от сжигаемого материала) и могут также содержать ПХДД/ПХДФ и иные полициклические ароматические углеводороды, адсорбировавшиеся на них (в зависимости от условий сгорания).

Выбросы загрязняющих веществ в окружающую среду из этих сухих материалов могут происходить по различным путям, включая выщелачивание в грунтовые воды, перенос пыли ветром, попадание в сельскохозяйственные культуры или прямое проникновение с пищей в организм человека или животных (включая домашних животных). Управление всеми такими материалами должно производиться с учетом потенциальной возможности их выбросов и согласно специфическим характеристикам тех или иных остатков. В случае таких сухих остатков имеется ряд альтернатив управления, включая как повторное использование, так и обработку или удаление, в зависимости от свойств инертной фракции и типа и степени загрязненности металлами и органическими соединениями.

### **2.1.1 Повторное использование остатков**

Для сухих твердых остатков рекомендуется ограниченное повторное использование.

Основным видом повторного использования угольной летучей золы является использование в строительстве дорог благодаря пуццолановым свойствам таких остатков. Зола также может быть использована в производстве цемента и бетона.

Летучая зола никогда не должна использоваться как почвенное удобрение в сельскохозяйственных или аналогичных применениях. Добавление золы к почве может привести к последующей дисперсии золы и загрязняющих веществ. При сельскохозяйственном применении растения могут впитывать в себя загрязняющие вещества, что в результате создает риск для животных или людей, потребляющих такие растительные продукты. Птицы и травоядные животные могут поглощать загрязняющие вещества с пищей (зерном и травой), что создает последующую опасность для человека, потребляющего в пищу этих птиц и животных или животные продукты (молоко, яйца).

<sup>19</sup> Более подробная информация по управлению остатками на основе концентрации в них стойких органических загрязнителей (включая случаи, когда уровень содержания СОЗ низкий, как напр., в Статье 6.1 (d) (ii)), приводится в Basel Convention Secretariat 2005.

<sup>20</sup> Подпараграфы параграфа 2 приводятся по тексту European Commission 2004, глава 2.7.3.

### 2.1.2 Стабилизация и затвердевание

Возможности обработки и удаления твердых остатков систем очистки дымовых газов включают затвердевание или стабилизацию портландским цементом (или иными пуццолановыми материалами), в чистом виде или с примесями, либо проведение циклов термической обработки с последующим надлежащим удалением (в зависимости от возможных выбросов из обработанных остатков). Некоторые остатки с низким уровнем загрязнения могут удаляться на свалках без предварительной обработки после оценки потенциально возможных выбросов загрязнителей из этих остатков.

Главной целью затвердевания является получение материала с такими физическими и механическими свойствами, которые способствуют снижению выбросов загрязнителя из остатков. Добавление цемента, например, обычно снижает влажностепроводность и пористость остатка и, с другой стороны, повышает стойкость, прочность и объем.

В методах затвердевания обычно используются многие, большей частью неорганические, связующие реагенты: цемент, известь и другие пуццолановые материалы, такие как угольная летучая зола, печной зольный остаток или цементная пыль, хотя также могут использоваться некоторые органические связующие реагенты, такие как битум/асфальт или парафин и полиэтилен. Также используются комбинации связующих реагентов и различных видов патентованных и непатентованных добавок. Наиболее распространенной технологией затвердевания является стабилизация цементом.

Концепция химической стабилизации основана на связывании тяжелых металлов в более нерастворимые формы, чем те, в которых они встречаются в необработанных остатках. Такие методы стабилизации используют осаждение металлов в новые минералы и связывание металлов с минералами путем сорбции. Соответствующие процессы включают растворение тяжелых металлов в остатках и последующее осаждение или сорбцию в новые минералы.

Некоторые методы стабилизации включают первоначальный этап промывки, в процессе которого происходит экстракция большинства растворимых солей и, в некоторой степени, металлов до этапа химического связывания оставшихся металлов. Такие методы завершаются обезвоживанием стабилизированного продукта.

Обработка с использованием процессов экстракции и сепарации может, в принципе, применяться ко всем типам процессов извлечения определенных компонентов из остатков. Однако, наиболее широко применимы процессы экстракции тяжелых металлов и солей кислотой. В то время, как методы затвердевания и стабилизации при обработке отходов обычно используются для контроля выбросов загрязняющих металлов, они лишь частично могут регулировать содержание ПХДД/ПХДФ и других полициклических ароматических углеводородов (хотя такие вещества являются крайне гидрофобными и обычно не подвергаются быстрому или интенсивному выщелачиванию). Добавление адсорбентов (таких, как глины или активированный уголь), которые затем включаются в матрицу обрабатываемых отходов, может улучшить улавливание таких органических соединений. При оценке эффективности подобных мер необходимо проведение лабораторных тестов на выщелачивание или иных аналитических методов.

## 2.2. Термическая обработка остатков очистки дымовых газов

Методы термической обработки могут быть сгруппированы по трем категориям: витрификация, плавление и спекание. Различия между этими процессами в основном связаны с характеристиками и свойствами конечного продукта:

- Витрификация – это процесс, при котором остатки подвергаются воздействию высоких температур (1300° - 1500° C) и затем резко охлаждаются (воздухом или водой) для получения аморфной стеклообразной матрицы. После охлаждения образуется однофазный продукт, называемый витрификатом. Витрификаты могут быть стеклообразными или камнеобразными, в зависимости от состава спекаемой

массы. Иногда (но не всегда) к обрабатываемым остаткам добавляются добавки для образования стеклообразной матрицы.

- Плавнение подобно витрификации, но стадия охлаждения контролируется таким образом, чтобы достигать максимальной кристаллизации массы. В результате получается многофазный продукт. Температуры и возможное разделение фаз металлов аналогичны витрификации. Также возможно использование добавок для кристаллизации матрицы.
- Спекание включает нагревание остатков до уровня, при котором происходит связывание частиц и реконфигурация химических фаз в остатках. В результате получается более плотный продукт с меньшей пористостью и большей прочностью, чем первоначальный. Типичные температуры составляют около 900° С. При сжигании твердых городских отходов обычно в мусоросжигательной печи происходит в некотором объеме и спекание. Это особенно типично при применении в процессе сжигания барабанной печи.

Независимо от конкретного процесса, термическая обработка остатков в большинстве случаев позволяет получить более однородный и плотный продукт с улучшенными свойствами в отношении выщелачивания. Энергопотребление автономных установок такого типа обычно очень высокое.

Такие процессы обычно применяются для иммобилизации металлов или радиологических загрязнителей; они значительно снижают возможность выщелачивания в отношении многих загрязнителей, которые могут находиться в твердых остатках систем очистки дымовых газов. При оценке эффективности таких методов полезно проводить тесты на выщелачивание. Поскольку эти процессы высокотемпературные, ПХДД/ПХДФ или иные полициклические ароматические углеводороды, адсорбированные в сухие остатки, могут подвергнуться разрушению в ходе процесса обработки. Однако при таких высокотемпературных процессах необходимо контролировать выбросы в атмосферу в ходе самой обработки, в ходе чего могут образовываться остатки систем воздухоочистки, которые далее подлежат удалению экологически безопасным образом.

### **2.3. Обработка отработанных сухих адсорбционных смол**

Использование специальных сухих смол для удаления из отходящих газов, до их выпуска в атмосферу, таких загрязнителей, как ПХДД/ПХДФ, также связано с образованием остатков очистки в форме отработанных смолистых катриджей или смолистой массы. Если такие смолы предназначены для регенерации путем термической десорбции или иными методами, то в ходе самого процесса регенерации будут образовываться остатки или выбросы в атмосферу, которые подлежат контролю и управлению. Если отработанные смолы предназначены для удаления после одноразового использования (а также в случае регенерированных смол, которые более не могут быть использованы), необходимо провести оценку типов загрязнителей и степени загрязнения таких смол, что поможет в решении, отправлять ли такие остатки на свалки без обработки или после предварительной обработки. Для некоторых смол возможно применение сжигания или иного способа обработки, обеспечивающего разрушение как самих смол, так и адсорбированных загрязнителей.

### **2.4. Обработка сточных вод**

Многие процессы связаны с образованием сточных вод, которые не могут выпускаться в окружающую среду без предварительной обработки. Системы очистки дымовых газов, как и химические процессы, нуждаются в последующей обработке сточных вод.

Для удаления загрязнителей из потоков дымовых газов могут также использоваться различные процессы мокрой очистки, предотвращающие выбросы загрязнителей в атмосферу. Образующиеся в результате сточные воды будут содержать некоторое количество растворенных веществ и взвешенных частиц.

Как и в случае многих химических процессов, первым этапом в обработке остатков очистки дымовых газов, особенно при наличии металлов, является сепарация жидких и твердых фракций. Зачастую это достигается обустройством отстойных прудов или резервуаров, хотя в земляных прудах может потребоваться прокладка изолирующих систем для предотвращения выщелачивания загрязнителей в грунтовые воды. Твердые фракции далее могут подвергаться обезвоживанию и сушке, а затем обрабатываться как твердые остатки согласно описанным выше методам. Из водных фракций возможно потребуется дальнейшее удаление загрязнителей до достижения нормативов, предъявляемых к сбросам в поверхностные или грунтовые воды. Методы обработки могут включать добавление химических веществ для осаждения солей металлов или использование адсорбентных материалов для удаления органических соединений. Остатки такой обработки сточных вод также подлежат надлежащей обработке и удалению.

Остатки очистки дымовых газов путем мокрых процессов могут также содержать органические загрязнители, включая ПХДД/ПХДФ или иные полициклические ароматические углеводороды. Биологическая очистка в прудах или прудах-накопителях позволяет снизить концентрацию вышеозначенных и иных органических соединений, которые могут присутствовать в остатках систем очистки дымовых газов.

В большинстве случаев сточные воды не могут быть повторно использованы. Однако, такая возможность возникает при очистке дымовых газов для удаления серы с использованием толченой или гашеной извести. При достижении полного окисления в процессе такой обработки твердым остатком сточных вод является высококачественный сульфат кальция или гипс. Такой гипс может быть обезвожен и использован при производстве стеновых плит для жилого и иного строительства, что зачастую обходится значительно дешевле, чем производство таких плит из природного гипса.

### **(v) Подготовка ответственных сотрудников и технического персонала**

Важность технической помощи, в частности обучения и подготовки, необходимых для усиления возможностей развивающихся стран (особенно наименее развитых стран) и стран с переходной экономикой, отмечается в преамбуле к Стокгольмской конвенции и Статье 12, которая гласит: «Стороны признают, что оказание своевременной и соответствующей технической помощи в ответ на просьбы Сторон, являющихся развивающимися странами, и Сторон, являющихся странами с переходной экономикой, является важнейшим условием успешного осуществления настоящей Конвенции.»

В этом отношении техническая помощь по наращиванию потенциала, в частности, подготовка в области имеющихся экологических методов, практик и инструментов, с особым акцентом на конкретные потребности Стороны, может способствовать лучшему пониманию основанных на концепции устойчивого развития процедур повседневной практики и профилактических мер в свете наилучших имеющихся методов и наилучших видов природоохранной деятельности, вводимых как составная часть принятого Стороной национального плана выполнения. Чрезвычайно важно, чтобы техническая помощь по наращиванию потенциала, в частности подготовка, предоставлялась как для руководящего, так и для технического или операционного персонала организаций государственного и частного секторов, участвующих в претворении в жизнь руководящих принципов по наилучшим имеющимся методам и наилучшим видам природоохранной деятельности. Принимая во внимание сложность многих из наилучших имеющихся методов и необходимость целостного и профилактического подхода к внедрению наилучших видов природоохранной деятельности, приоритетное внимание в мерах по наращиванию потенциала должно уделяться, наряду с вопросами охраны здоровья и безопасности, управлению жизненным циклом на основе подхода с позиций предотвращения рисков и сокращения выбросов.



## (vi) Тестирование, мониторинг и отчетность по выбросам

### 1. Тестирование и мониторинг

Мониторинг выбросов химических веществ, перечисленных в Приложении С к Стокгольмской конвенции, критически важен для достижения целей Конвенции. Однако, многие развивающиеся страны и страны с переходной экономикой не имеют необходимого потенциала с точки зрения финансовых возможностей, технической компетенции и лабораторий, а в некоторых случаях экономическая окупаемость сооружений может быть недостаточной для покрытия всех издержек, связанных с мониторингом. В связи с этим необходимо создать и усилить региональный, субрегиональный и национальный технический потенциал и технические возможности, включая лаборатории. Такое расширение потенциала может также способствовать проведению мониторинга существующих источников через обозначенные интервалы времени.

Предложения в отношении новых сооружений или предложения по значительной реконструкции существующих сооружений должны, в качестве составной части наилучших имеющихся методов и наилучших видов природоохранной деятельности, включать планы мер по оценке соответствия целевым показателям выбросов перечисленных в Приложении С химических веществ в дымовых газах и других видах выбросов, означенных в данном руководстве. Соответственно, в ходе эксплуатации этих сооружений необходимо при помощи мониторинга подтверждать через определенные интервалы времени, что эффективность очистки соответствует эксплуатационным нормативам.<sup>21, 22</sup>

#### 1.1. Методы забора проб и проведения анализа на содержание ПХДД/ПХДФ и диоксиноподобных ПХБ

В отношении полихлорированных дибензо-п-диоксинов (ПХДД) и полихлорированных дибензофуранов (ПХДФ) имеются утвержденные, стандартные методы забора проб и проведения анализа, но такие методы имеются пока еще не для всех химических веществ, перечисленных в Приложении С (Таблица 4). Методы забора проб и мониторинга полихлорированных бифенилов (ПХБ) и гексахлорбензола (ГХБ) еще предстоит разработать и утвердить. Методы забора проб дымовых газов включают как забор проб через интервалы в 4-8 часов, так и квазинепрерывные методы. Большинство, если не все регуляторные нормативы в отношении ПХДД/ПХДФ в настоящее время приводятся в токсических эквивалентах (TEQ).<sup>23</sup>

Забор проб в отношении выбросов ПХДД/ПХДФ в настоящее время в основном производится с применением какого-либо из методов, приведенных в Таблице 4.

**Таблица 4: Методы забора проб дымовых газов и проведения анализа на содержание ПХДД/ПХДФ и ПХБ**

Метод	Анализируемые вещества	Аналитический принцип	Ссылка на организацию
EN 1948	ПХДД/ПХДФ	HRGC/HRMS (ГХВП/МСВП)	Европейский комитет по стандартизации

<sup>21</sup> Определение массовой концентрации химических веществ, перечисленных в Приложении С, в выбросах некоего источника должно проводиться в соответствии с национально и международно признанными стандартными методами забора проб, анализа и оценки соответствия нормативам.

<sup>22</sup> В большинстве случаев, целевые показатели в настоящее время установлены только для ПХДД/ПХДФ.

<sup>23</sup> Для определения концентраций TEQ производится количественное определение каждого из 17 конгенов ПХДД/ПХДФ, вызывающих наибольшую токсикологическую озабоченность, при помощи капиллярно-газового хроматографа/масс спектрометра с высокой разрешающей способностью.

US EPA Метод 23	ПХДД/ПХДФ	HRGC/HRMS (ГХВП/МСВП)	Агентство США по охране окружающей среды
VDI Метод 3499	ПХДД/ПХДФ	HRGC/HRMS (ГХВП/МСВП)	Ассоциация инженеров Германии (VDI)
Канадские методы EPS 1/RM/2 и EPS 1/RM/3	ПХДД/ПХДФ, ПХБ	HRGC/HRMS (ГХВП/МСВП)	Министерство охраны окружающей среды Канады
Японский промышленный стандарт К 0311	ПХДД/ПХДФ, диоксиноподобные ПХБ	HRGC/HRMS (ГХВП/МСВП)	Комитет по промышленным стандартам Японии

Анализ содержания ПХДД/ПХДФ проводится при помощи масс спектрометрии с высокой разрешающей способностью. При этом необходим контроль качества проведенных процедур на каждой стадии анализа и на пиковых концентрациях в пробах и при экстракции. Принятый в США Метод 23 предусматривает диапазон улавливания (recovery) от 70% до 130%. В Канаде разработано подробное руководство по качеству анализа проб, содержащих диоксины и фураны – Нормативный Метод EPS 1/RM/2.

Европейский стандарт EN 1948 был разработан для сепарационной детекции и квантификации ПХДД/ПХДФ и диоксиноподобных ПХБ в образцах выбросов из стационарных источников при концентрациях около 0,1 нг ТЕQ/нм<sup>3</sup>. В разделах 1-3 подробно описывается забор проб, экстракция и очистка, идентификация и квантификация ПХДД/ПХДФ (стандарт принят в 1996 г., обновленный вариант должен быть принят в 2006 г.). Раздел 4 описывает стандарт для диоксиноподобных ПХБ (должен быть принят в 2006 г.).

Минимальные пределы обнаружения, измеряемые в ходе валидационного теста EN 1948 на установке по сжиганию ТБО варьировали в пределах 0,0001 - 0,0088 нг/нм<sup>3</sup> для 17 отдельных токсичных конгенов ПХДД/ПХДФ (CEN 1996c; . См. также CEN 1996a, 1996b).

В новом проекте EN 1948-3 от февраля 2004 г. (обновленный вариант CEN 1996c), в Приложении В уровень неопределенности для всей процедуры указан как 30-35%, а внешняя вариабельность оценена как  $\pm 0,05$  нг I-ТЕQ/м<sup>3</sup> при средней концентрации 0,035 нг I-ТЕQ/нм<sup>3</sup>.

С учетом факторов токсической эквивалентности для отдельных конгенов, общие пределы обнаружения варьируют от 0,001 до 0,004 нг I-ТЕQ/нм<sup>3</sup>. Можно предположить, что концентрации ниже 0,001 нг I-ТЕQ/м<sup>3</sup> находятся ниже пределов обнаружения.

В исследовании, проведенном Министерством охраны окружающей среды Канады, оценивалась вариабельность проб и анализов по 53 наборам данных о выбросах ПХДД/ПХДФ из 36 установок для сжигания. Предел квантификации для выбросов ПХДД/ПХДФ был оценен как 0,032 нг I-ТЕQ/м<sup>3</sup>, хотя этот предел может варьировать в зависимости от объема пробы, интерферирующих веществ и иных факторов.

Следует ожидать интерференцию со стороны соединений, имеющих химические и физические свойства, аналогичные ПХДД/ПХДФ (CEN 1996c).

## 1.2 Предел обнаружения и предел квантификации

«Предел обнаружения» (ПО) – это наименьшее количество или концентрация аналита в исследуемой пробе, которое может быть достоверно, с указанным уровнем статистической значимости, выделено из фонового уровня. «Предел квантификации» (ПК) аналитической процедуры – это наименьшее количество или концентрация аналита в исследуемой пробе,

которое может быть количественно определено с достаточным уровнем точности и достоверности. Предел квантификации указывается, если необходимо определить минимальный предел измерения, ниже которого приемлемая точность и достоверность не могут быть обеспечены. При использовании данного метода следует провести несколько независимых процедур, желательнее более 20, с использованием пробы, относительно которой известно, что она содержит аналит в количестве, в 2-5 раз превышающем расчетный предел обнаружения. Предел квантификации – это та концентрация, при которой достигается приемлемая результативность процедуры в терминах RSD% (относительное стандартное отклонение). Обычно предел квантификации соответствует минимальному уровню стандартной концентрации в калибрационном диапазоне.

Что касается нормативных предельных величин или отчетности по измеряемым концентрациям, то общих правил в отношении интерпретации результатов ниже ПК не имеется. Зачастую, методика представления результатов в отчетности прописывается в нормах или законах. Применительно к отчетности необходимо учитывать следующие определения:

- Нижний предел: Неквантифицируемые пики приравниваются к нулю
- Верхний предел: Весь диапазон ПК включается в представление результатов

Необходимо устанавливать критерии для определения концентраций и значений параметров отчетности по нижнему и верхнему пределам, соответственно ПК должно составлять, по крайней мере, 1/5 от законодательного норматива, или интересующего уровня, или базовой концентрации.

### 1.3 Расчетные условия в отношении газов

В Таблице 5 представлено соотношение расчетных условий для единиц измерения, принятых в Канаде, Европейском Союзе и Соединенных Штатах Америки.

**Таблица 5: Соотнесение расчетных условий**

Единица	Страна/Регион	Температура (°C)	Давление (атм)	Газовые состояния
нм <sup>3</sup> (Нормальный кубический метр)	Европейский Союз (ЕС)	0	1	Сухой; 11% кислорода для установок по сжиганию ТБО и совместному сжиганию отходов; 10% кислорода для цементных заводов; нет требований к уровню кислорода для всех иных установок (т.е. данные по концентрациям представляются по реальному уровню кислорода без нормализации по какому-либо фиксированному содержанию O <sub>2</sub> )
рм <sup>3</sup> (Референтный кубический метр)	Канада	25	1	Сухой; 11% кислорода для установок по сжиганию и бойлеров береговых целлюлозно-бумажных заводов, рабочие уровни кислорода для агломерационных фабрик и электродуговых сталелитейных печей.
см <sup>3</sup> (или сскм) (Сухой стандартный кубический метр)	Соединенные Штаты (США)	20	1	Сухой; 7% кислорода или 12% двуокиси углерода для установок по сжиганию и большинства источников сжигания.

**0,1 нг ТЕQ/нм<sup>3</sup> (ЕС) = 0,131 нг ТЕQ/см<sup>3</sup> (США) = 0,092 нг ТЕQ/рм<sup>3</sup> (Канада)**

## 1.4 Методы биопроб

В Японии были приняты четыре метода биопроб, три метода репортерных генных биопроб и метод ферментных иммунопроб для измерения диоксинов в эмиссионных газах, пыли и шлаках, образуемых установками для сжигания отходов. Данные методы являются менее дорогостоящими, чем газовая хроматография / масс спектрометрия высокого разрешения и утверждены для измерения эмиссий установок по сжиганию с производительностью менее 2 тонн/час (стандартный норматив для выбросов новых установок по сжиганию: 5 нг WHO-TEQ/нм<sup>3</sup>), а также пыли и шлаков от всех мусоросжигательных установок (стандартный норматив обработки - 3 нг WHO-TEQ/г).

**Таблица 6: Методы биопроб для измерения качества дымовых газов и остатков, образуемых малыми установками по сжиганию отходов**

Метод	Аналитический принцип	Организация
Биопроба CALUX Assay	Репортерные генные биопробы	Xenobiotic Detection Systems International
P450 Репортерная система человеческих генов	Репортерные генные биопробы	Columbia Analytical Services
AhR Люциферазная проба	Репортерные генные биопробы	Sumitomo Chemical Co., Ltd

Необходимо также разрабатывать руководства по соответствующим программам мониторинга. В этой связи ЮНЕП (UNEP 2004) разработал руководство по приоритизации измерений и сведению к минимуму количества измерений при оценке экологического воздействия. Европейская Комиссия подготовила справочный документ по общим принципам мониторинга; некоторые компании и промышленные ассоциации приняли совместные нормативы по мониторингу. Законодательные меры и нормативы будут также способствовать разработке и осуществлению программ по мониторингу выбросов химических веществ, перечисленных в Приложении С, включая такие подходы, как мониторинг при помощи биопроб.

## 2. Предоставление отчетности

Предоставление отчетности о выбросах и иной значимой информации является основой исполнения обязательств Сторон согласно Статье 9 (Обмен информацией), Статье 10 (Информирование, повышение осведомленности и просвещение общественности) и Статье 11 (Научные исследования, разработки и мониторинг) Стокгольмской Конвенции. Стороны, стремящиеся применять наилучшие виды природоохранной деятельности в отношении источников, перечисленных в Приложении С, должны включать в свои действия меры, означенные в вышеназванных статьях, а именно:

- Механизмы, такие как реестры выбросов и переноса загрязняющих веществ, для сбора и распространения полной и точной в химическом отношении информации по производству и выбросам химических веществ, перечисленных в Приложениях А, В или С, и их источниках;
- Участие общественности в регулировании источников химических веществ, перечисленных в Приложении С;
- Предоставление общественности данных по мониторингу источников, перечисленных в Приложении С (с учетом изложенного в параграфе 5 Статьи 9);

- Регулярно и своевременно предоставлять широкой общественности доступ к результатам своих мероприятий в области исследований, разработок и мониторинга (Статья 11 параграф 2 (е)).

Полное представление соответствующей информации может способствовать участию общественности и облегчить такое участие.

### Ссылки на источники

Andersson S. 2005. "PCDD/F Removal from Gases Using a Dry Adiox Absorber." *Organohalogen Compd.* 67:2226–2229.

Association of German Engineers (VDI). 2003–2004. Emission measurement - Determination of polychlorinated dibenzo-p-dioxins (PCDDs) and dibenzofurans (PCDFs) - Dilution method; Example of application of DIN EN 1948 for the concentration range 0,1 ng I-TEQ/m<sup>3</sup> and supplement to DIN EN 194.

Basel Convention Secretariat. 2007. Updated *General Technical Guidelines for the Environmentally Sound Management of Wastes Consisting of, Containing or Contaminated with Persistent Organic Pollutants (POPs)*. Basel Convention on the Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes and Their Disposal, UNEP, Geneva.

CEN (European Committee for Standardization). 1996a. "EN 1948-1: Sampling." Part 1 of *Stationary Source Emissions: Determination of the Mass Concentration of PCDDs/PCDFs*. CEN, Brussels, Belgium.

CEN (European Committee for Standardization). 1996b. "EN 1948-2: Extraction and Clean-up." Part 2 of *Stationary Source Emissions: Determination of the Mass Concentration of PCDDs/PCDFs*. CEN, Brussels, Belgium.

CEN (European Committee for Standardization). 1996c. "EN 1948-3: Identification and Quantification." Part 3 of *Stationary Source Emissions: Determination of the Mass Concentration of PCDDs/PCDFs*. CEN, Brussels, Belgium.

Environment Canada, Standard Reference Methods for Source Testing: Measurement of Releases of Selected Semi-volatile Organic Compounds from Stationary Sources, Department of the Environment Report EPS 1/RM/2 1989

Environment Canada, A Method for the Analysis of Polychlorinated Dibenzo-Para-Dioxins (PCDD), Polychlorinated Dibenzofurans (PCDF) and Polychlorinated Biphenyls (PCB) in Samples from the Incineration of PCB Waste, Department of the Environment, Report EPS 1/RM/3, June 1989

European Commission. 2005. *Reference Document on the Best Available Techniques for Waste Incineration*. BAT Reference Document (BREF), Final Draft, July 2005. European IPPC Bureau, Seville, Spain. [eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm](http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm).

Hartenstein H.U. 2003. "Dioxin and Furan Reduction Technologies for Combustion and Industrial Thermal Process Facilities." In: *The Handbook of Environmental Chemistry* Vol. 3, Part O: *Persistent Organic Pollutants* (ed. H. Fiedler). Springer-Verlag, Berlin and Heidelberg.

Hübner C., Boos R., Bohlmann J., Burtscher K. and Wiesenberger H. 2000. *State-of-the-Art Measures for Dioxin Reduction in Austria*. Vienna.

[www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/M116.pdf](http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/M116.pdf)

UNEP (2004): Guidance for a Global Monitoring Programme for Persistent Organic Pollutants, 1st edition, June 2004. <http://www.chem.unep.ch/gmn/GuidanceGPM.pdf>

Xu Z., Wedman E., Bucher R., Petzoldt O., Sasamoto T. and Wilkin M. 2003. "Removal and Destruction of PCDD/F from Crematories by REMEDIA™ Catalytic Filter System." *Organohalogen Compd.* 63:216–219.

**Раздел IV**  
**Компиляция резюме по категориям**  
**источников, включенным в разделы V и VI**

## Содержание

<b>КОМПИЛЯЦИЯ РЕЗЮМЕ ПО КАТЕГОРИЯМ ИСТОЧНИКОВ, ВКЛЮЧЕННЫМ В РАЗДЕЛЫ V И VI.....</b>	<b>67</b>
<b>ПРЕАМБУЛА.....</b>	<b>69</b>
РЕЗЮМЕ РАЗДЕЛА V: КАТЕГОРИИ ИСТОЧНИКОВ, ВКЛЮЧЕННЫЕ В ЧАСТЬ II ПРИЛОЖЕНИЯ С.....	69
А. УСТАНОВКИ ДЛЯ СЖИГАНИЯ ОТХОДОВ.....	69
(I) ТВЕРДЫЕ БЫТОВЫЕ ОТХОДЫ, ОПАСНЫЕ ОТХОДЫ И ОСАДКИ СТОЧНЫХ ВОД.....	69
(II) МЕДИЦИНСКИЕ ОТХОДЫ.....	71
В. ЦЕМЕНТНЫЕ ПЕЧИ ДЛЯ СЖИГАНИЯ ОПАСНЫХ ОТХОДОВ.....	71
<b>С. ПРОИЗВОДСТВО ЦЕЛЛЮЛОЗЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕМЕНТАРНОГО ХЛОРА ИЛИ ОБРАЗУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТАРНЫЙ ХЛОР ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ .....</b>	<b>72</b>
Д. ТЕРМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ.....	73
(I) ВТОРИЧНОЕ ПРОИЗВОДСТВО МЕДИ.....	73
(II) АГЛОМЕРАЦИОННЫЕ УСТАНОВКИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ЧУГУННОЙ И СТАЛЕЛИТЕЙНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ .....	73
(III) ВТОРИЧНОЕ ПРОИЗВОДСТВО АЛЮМИНИЯ .....	74
(IV) ВТОРИЧНОЕ ПРОИЗВОДСТВО ЦИНКА .....	74
РЕЗЮМЕ РАЗДЕЛА VI: КАТЕГОРИИ ИСТОЧНИКОВ, ВКЛЮЧЕННЫЕ В ЧАСТЬ III ПРИЛОЖЕНИЯ С.....	75
А. ОТКРЫТОЕ СЖИГАНИЕ ОТХОДОВ, ВКЛЮЧАЯ СЖИГАНИЕ МУСОРНЫХ СВАЛОК.....	75
В. ТЕРМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ, НЕ УПОМЯНУТЫЕ В ПРИЛОЖЕНИИ С, ЧАСТЬ II.....	76
(I) ПРОИЗВОДСТВО ВТОРИЧНОГО СВИНЦА .....	76
(II) ПРОИЗВОДСТВО ПЕРВИЧНОГО АЛЮМИНИЯ .....	76
(III) ПРОИЗВОДСТВО МАГНИЯ.....	76
(IV) ПРОИЗВОДСТВО ВТОРИЧНОЙ СТАЛИ.....	77
(V) ВЫПЛАВКА ПЕРВИЧНЫХ НЕБЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ .....	77
С. БЫТОВЫЕ ИСТОЧНИКИ ПРОДУКТОВ СГОРАНИЯ.....	78
Д ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ И ПРОМЫШЛЕННЫЕ КОТЛЫ, РАБОТАЮЩИЕ НА ИСКОПАЕМОМ ТОПЛИВЕ .....	79
Е УСТАНОВКИ ДЛЯ СЖИГАНИЯ ДРЕВЕСНОГО ТОПЛИВА И ДРУГИХ ТОПЛИВНЫХ БИОМАСС.....	80
Ф КОНКРЕТНЫЕ ПРОЦЕССЫ ПРОИЗВОДСТВА ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ, СОПРЯЖЕННЫЕ С ВЫБРОСОМ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ, ПЕРЕЧИСЛЕННЫХ В ПРИЛОЖЕНИИ С .....	80
Г КРЕМАТОРИИ .....	81
Н ТРАНСПОРТНЫЕ СРЕДСТВА, ПРЕЖДЕ ВСЕГО РАБОТАЮЩИЕ НА ЭТИЛИРОВАННОМ БЕНЗИНЕ .....	81
И УНИЧТОЖЕНИЕ ТУШ ЖИВОТНЫХ .....	82
Ж КРАШЕНИЕ И ОТДЕЛКА В ТЕКСТИЛЬНОЙ И КОЖЕВЕННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ.....	82
К УСТАНОВКИ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ОТСЛУЖИВШИХ СВОЙ СРОК АВТОМОБИЛЕЙ .....	83
Л. ОБРАБОТКА МЕДНЫХ КАБЕЛЕЙ ТЛЕЮЩИМ ОГНЕМ .....	83
М. ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ПЕРЕРАБОТКЕ ОТРАБОТАННЫХ МАСЕЛ.....	84

## **Преамбула**

Данный раздел включает компиляцию всех резюме по категориям источников, рассмотренным в разделах V и VI Проекта «Руководящие принципы по наилучшим имеющимся методам и предварительные указания по наилучшим видам природоохранной деятельности применительно к Статье 5 и Приложению С Стокгольмской конвенции о стойких органических загрязнителях».

В каждом резюме может, в меру уместности, содержаться следующая информация:

- Краткое описание источника, его целей и соответствующих процессов;
- Потенциальная способность данного источника к образованию химических веществ, перечисленных в Приложении С Стокгольмской конвенции, а именно: полихлорированных дибензо-п-диоксинов (ПХДД); полихлорированных дибензофуранов (ПХДФ); полихлорированных бифенилов (ПХБ) и гексахлорбензола (ГХБ);
- Наилучшие имеющиеся методы и наилучшие виды природоохранной деятельности, способствующие сведению к минимуму эмиссий химических веществ, перечисленных в Приложении С;
- Основные и дополнительные меры, способствующие сокращению эмиссий;
- Альтернативы, являющиеся предпочтительными применяющимися в настоящее время процессам и практике (в меру применимости);
- Эксплуатационные уровни, соотносимые с наилучшими имеющимися методами.

## **Резюме раздела V: категории источников, включенные в Часть II Приложения С**

### **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 или, по крайней мере, уменьшение количества опасных составляющих отходов, дезинфекция и рекуперация 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 пропаганда использования продуктов, которые образуют меньше отходов. Первоочередное внимание должно уделяться также подходам, предотвращающим образование и выброс стойких органических загрязнителей (СОЗ).

Экологически безопасная конструкция и эксплуатация установок для сжигания отходов требуют применения как наилучших имеющихся методов, так и наилучших видов природоохранной деятельности (которые в некоторой степени могут пересекаться) для



#### 70 РАЗДЕЛ 4. Компиляция резюме по категориям источников, включенным в разделы V и VI

предотвращения или минимизации образования и выброса веществ, перечисленных в Приложении С.

Наилучшие виды природоохранной деятельности в отношении установок по сжиганию отходов включают надлежащие процедуры вне площадки мусоросжигателя (например, общее управление отходами и рассмотрение экологических последствий выбора площадки) и процедуры на площадке (например, инспектирование отходов, надлежащее обращение с отходами, надлежащая практика эксплуатации и управления мусоросжигательными установками и надлежащее обращение с остатками).

Наилучшие имеющиеся методы в отношении установок по сжиганию отходов включают надлежащий подбор площадки, контроль поступающих отходов и их подачи, технологии сжигания и технологии очистки отходящих газов, твердых остатков и стоков.

Для достижения наилучших результатов по охране окружающей среды в целом важно координировать процесс сжигания отходов с предыдущими действиями (например, технологиями управления отходами) и последующими процессами (например, удаление твердых остатков от сжигания отходов).

Выбросы перечисленных в Приложении С химических веществ установками по сжиганию твердых бытовых отходов, спроектированными и эксплуатируемыми согласно наилучшим имеющимся методам и наилучшим видам природоохранной деятельности, происходят в основном посредством летучей золы, зольного остатка и фильтровального осадка после очистки сточных вод. Поэтому чрезвычайно важно обеспечить безопасное удаление этих типов отходов, например, путем предварительной обработки и окончательного удаления на специально оборудованных свалках, спроектированных и эксплуатируемых согласно наилучшим имеющимся методам.

При надлежащей комбинации основных и дополнительных мер достигаются уровни содержания ПХДД/ПХДФ в выбросах в атмосферу не выше, чем  $0,1 \text{ нг I-TEQ/нм}^3$  (при 11%  $\text{O}_2$ ), которые соответствуют наилучшим имеющимся методам. Также следует отметить, что при нормальных эксплуатационных условиях на хорошо спроектированных установках по сжиганию отходов может достигаться уровень выбросов ниже вышеозначенного.

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

## **(ii) Медицинские отходы**

### **Резюме**

Сжигание медицинских отходов (инфицированных, биологических, острых предметов) в специальных установках осуществляется с целью сведения к минимуму химических, биологических и физических рисков и 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 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. Самым важным этапом управления медицинскими отходами 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 уменьшения выбросов ПХДД и ПХДФ в окружающую среду важна надлежащая обработка зольного остатка и остатков от переработки дымовых газов. Использование наилучших имеющихся методов в установках для сжигания также позволит снизить выбросы HCl и металлов (в частности, ртути), а также последующие выбросы из захороненных остатков.

В случае процедур сжигания, применение даже одних только основных мер 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 надлежащей комбинации основных и дополнительных мер достигаются уровни содержания ПХДД/ПХДФ в выбросах в атмосферу не выше, чем 0,1 нг I-TEQ/м<sup>3</sup> (при 11% O<sub>2</sub>), которые соответствуют наилучшим имеющимся методам. Также следует отметить, что при нормальных эксплуатационных условиях на хорошо спроектированных установках по сжиганию отходов может достигаться уровень выбросов ниже вышеозначенного.

Наилучшие имеющиеся методы для стоков установок по очистке сточных вод, получающих на обработку стоки скрубберных установок по очистке дымовых газов, соотносятся с уровнями концентрации ПХДД/ПХДФ значительно ниже 0,1 нг I-TEQ/л.

## **В. Цементные печи для сжигания опасных отходов**

### **Резюме**

Основным назначением цементных печей является производство клинкера. Сжигание отходов в этих печах имеет целью получение энергии и замещение ископаемых топлив или минералов. В некоторых случаях в цементных печах уничтожаются опасные отходы.

Процесс производства цемента включает в себя кальцинирование – разложение карбоната кальция (CaCO<sub>3</sub>) при температуре около 900 °C для получения окиси кальция (CaO, негашеная известь) с последующим спеканием во вращающихся печах при температуре

## 72 РАЗДЕЛ 4. Компиляция резюме по категориям источников, включенным в разделы V и VI

около 1450 °С. Для получения цемента образовавшийся клинкер измельчается вместе с гипсом и другими добавками. В зависимости от физических и химических условий основные этапы производства цемента называют сухим, мокрым, полусухим или полумокрым.

Процесс сжигания в цементной печи потенциально может приводить к образованию и последующим выбросам химических веществ, перечисленных в Приложении С к Стокгольмской конвенции. Кроме того, могут происходить выбросы из мест хранения.

Адекватно спроектированные производственные процессы и проведение надлежащих основных мер должны обеспечивать такую эксплуатацию цементных печей, в которых сжигаются опасные отходы, что образование и выбросы химических веществ, перечисленных в Приложении С, будут сведены до минимального уровня, соответствующего концентрациям ПХДД/ПХДФ в отходящих газах менее 0,1 нг I-ТЕQ/н.м<sup>3</sup> (при содержании кислорода 10%), в зависимости от таких факторов, как использование чистого топлива, обеспечение загрузки отходов, поддержание температурного режима и пылеудаление. При необходимости можно применить и дополнительные меры.

В настоящее время имеются многочисленные данные о выбросах ПХДД/ПХДФ в атмосферу.

Сообщалось о выбросах ПХДД и ПХДФ с пылью цементных печей и, возможно, с клинкером. Сегодня проводятся дополнительные исследования этого вопроса. Данных же по выбросам ПХБ и ГХБ накоплено крайне мало.

Управление отходами и их минимизация должны осуществляться до направления отходов в цементные печи. Опробованные на практике альтернативы сжиганию отходов в цементных печах включены в обычные пути удаления отходов. При правильной эксплуатации цементные печи не дают заметных выбросов веществ, перечисленных в Приложении С. Поэтому альтернативы следует рассматривать в свете их общего влияния на окружающую среду.

Уровни производительности, соответствующие наилучшим имеющимся методам и наилучшим видам природоохранной деятельности в отношении контроля содержания ПХДД/ПХДФ в отходящих газах составляют менее 0,1 нг I-ТЕQ/н.м<sup>3</sup> контроля при расчетных условиях 273 К, 101.3 кПа, 10% O<sub>2</sub> и сухой газовой основе.

### **С. Производство целлюлозы с использованием элементарного хлора или образующих элементарный хлор химических веществ.**

#### **Резюме**

К главным процессам, связанным с изготовлением целлюлозы и бумажных изделий, относятся погрузочно-разгрузочные работы и подготовка (а также консервация недревесных материалов), обдирка древесной коры, измельчение и очистка сельскохозяйственных остатков, удаление узлов, варка целлюлозы, обработка и отбеливание (при необходимости) целлюлозы и наконец – изготовление бумаги или картона.

Из химических веществ, перечисленных в Приложении С Стокгольмской конвенции, определены только ПХДД и ПХДФ, как вещества, образующиеся при производстве целлюлозы с использованием элементарного хлора. Из 17 конгенов ПХДД и ПХДФ с хлором в положениях 2, 3, 7 и 8 только два конгенера, а именно 2,3,7,8-ТХДД и 2,3,7,8-ТХДФ, определены как вещества, образование которых возможно при химическом отбеливании целлюлозы с использованием хлора. Наибольшая часть 2,3,7,8-ТХДД и 2,3,7,8-ТХДФ образуется на ступени С отбеливания в результате реакции хлора с прекурсорами ТХДД и ТХДФ. В процессе отбеливания целлюлозы ГХБ и ПХБ не образуются.

Таким образом, могут быть приняты следующие основные меры по уменьшению или устранению образования 2,3,7,8-ТХДД и 2,3,7,8-ТХДФ в процессах отбеливания древесных и недревесных материалов: замена элементарного хлора диоксидом хлора (отбеливание без элементарного хлора) или, в некоторых случаях, замена полностью свободными от хлора процессами; сокращение применения элементарного хлора путем уменьшения кратности хлора или увеличения замены молекулярного хлора диоксидом хлора; сведение к минимуму поступления на установку отбеливания веществ-прекурсоров, таких как дибензо-п-диоксин и дибензофуран, путем использования добавок, не содержащих прекурсоров, и путем промывки; максимальное удаление сукрутин; недопущение варки композиций, загрязненных полихлорированными фенолами.

## **D. Термические процессы в металлургической промышленности**

### **(i) Вторичное производство меди**

#### **Резюме**

Выплавка вторичной меди охватывает процессы производства меди из медного лома, лома компьютеров и электронной аппаратуры, шлама и шлака нефтеперерабатывающих заводов. К технологическим процессам производства меди относятся предварительная обработка сырьевых материалов, плавка, легирование и разливка. Факторы, способствующие образованию химических веществ, перечисленных в Приложении С к Стокгольмской конвенции, включают присутствие каталитических металлов (например, меди); органические примеси в сырье, например такие, как масла, пластмассы и красочные покрытия; неполное сгорание топлива; температуры от 250° до 500 °С.

Наилучшие имеющиеся методы включают в себя предварительную сортировку, очистку сырьевых материалов, поддержание температур на уровне выше 850 °С, использование систем дожигания отходящих газов с их резким последующим охлаждением, адсорбционной очисткой активированным углем и обеспыливанием тканевыми фильтрами.

Уровни эксплуатационной эффективности в отношении выбросов ПХДД/ПХДФ в атмосферу для печей вторичной выплавки меди составляют, в соответствии с наилучшими имеющимися методами и наилучшими видами природоохранной деятельности, < 0,5 нг I-TEQ/нм<sup>3</sup> (при рабочих концентрациях кислорода).

### **(ii) Агломерационные установки на предприятиях чугунной и сталелитейной промышленности**

#### **Резюме**

Агломерационные установки осуществляют предварительную обработку сырья в производстве железа и чугуна. В этом процессе мелкие частицы железных руд, а на некоторых предприятиях также отходы оксидов вторичного железа (уловленная пыль, вторичная окалина) подвергаются агломерации путем спекания. Агломерация происходит при нагреве мелкоизмельченной железной руды с флюсом и мелкими фракциями кокса или угля. В результате возникает полурасплавленная масса, при затвердевании образующая пористые куски агломерата, по размерам и прочности удовлетворяющие требованиям подачи в доменную печь.

Можно предположить, что в процессе агломерации железной руды химические вещества, перечисленных в Приложении С, являются в основном продуктом *de novo* синтеза. Как правило, в отходящих газах агломерационных установок преобладает ПХДФ. Механизм образования ПХДД/ПХДФ, по-видимому, берет начало в верхних зонах слоя агломерата вскоре после розжига, а затем диоксины, фураны и другие соединения конденсируются на

более холодной шихте нижележащей зоны в период, когда слой агломерата перемещается с агломерационной лентой к точке прожога.

Основными мерами по предупреждению или минимизации образования ПХДД/ПХДФ в процессе агломерации являются: обеспечение стабильной и устойчивой работы агломерационной установки, непрерывный мониторинг параметров, рециркуляция отходящих газов, минимальное использование сырья, содержащего стойкие органические загрязнители или вещества-предшественники образования таких загрязнителей, и подготовка загружаемого сырьевого материала.

Дополнительные меры предупреждения или уменьшения выбросов ПХДД/ПХДФ от процесса агломерации железных руд включают в себя адсорбционную / абсорбционную очистку (например, вводом активированного угля), подавление образования загрязнителей путем добавок мочевины, высокоэффективное обеспыливание отходящих газов, а также их очистку в орошаемых скрубберах, в сочетании с эффективной очисткой сточных вод, образуемых в скрубберах, и удалением осадков сточных вод на оборудованных свалках.

Эксплуатационные уровни по выбросам в атмосферу ПХДД/ПХДФ для агломерационной установки в черной металлургии, функционирующей в соответствии с наилучшими имеющимися методами и наилучшими видами природоохранной деятельности, составляют  $< 0,2$  нг I-ТЕQ/нм<sup>3</sup> (при рабочих концентрациях кислорода).

### **(iii) Вторичное производство алюминия**

#### **Резюме**

Вторичное производство алюминия включает производство алюминия из вторичного алюминиевого сырья или металлургических отходов для получения металла путем предварительной обработки, плавления и рафинирования.

Используются различные виды топлива, флюсов и сплавов, а удаление магния производится путем добавления хлора, хлорида алюминия или хлорированных органических соединений. Химические вещества, перечисленные в Приложении С Стокгольмской конвенции, возможно образуются из-за добавок, вводимых для удаления магния, неполного сгорания, наличия органических веществ в поступающих материалах, хлорсодержащих соединений, и в результате температур от 250° до 500° С.

Наилучшие имеющиеся методы включают использование высокотемпературных печей, не содержащих масел и хлора компонентов (при наличии альтернатив), дожигателей с системой резкого охлаждения, адсорбции активированным углем и тканевых противопыльных фильтров, а также отказ от использования гексахлорэтана для удаления магния и тщательное контролирование процесса удаления магния в целом.

Эксплуатационные уровни по выбросам в атмосферу ПХДД/ПХДФ для установок по вторичному производству алюминия, функционирующих в соответствии с наилучшими имеющимися методами и наилучшими видами природоохранной деятельности, составляют  $< 0,5$  нг I-ТЕQ/нм<sup>3</sup> (при рабочих концентрациях кислорода).

### **(iv) Вторичное производство цинка**

#### **Резюме**

**Выплавка вторичного цинка требует переработки сырьевых материалов различного происхождения, например таких, как пыли, улавливаемые в процессах производства сплавов меди и электродуговой плавки стали, остатки от процессов измельчения и гальванизации стального лома.**

Технологические процессы производства вторичного цинка охватывают сортировку исходного сырья, его предварительную очистку, дробление, вытопку в специальных печах при 364 °С, плавление в плавильных печах, рафинирование, дистилляцию и легирование. Присутствие в сырье загрязняющих веществ (включая масла и пластмассы), плохое сгорание и обработка в интервале температур между 250° и 500 °С могут повлечь образование химических веществ, перечисленных в Приложении С Стокгольмской конвенции.

К наилучшим имеющимся методам относятся очистка сырья, поддержание температур выше 850 °С, сбор дыма и газов, дожигание отходящих газов с последующим резким охлаждением, абсорбционная очистка активированным углем и обеспыливание тканевыми фильтрами

Эксплуатационные уровни по выбросам в атмосферу ПХДД/ПХДФ установок по выплавке вторичного цинка, функционирующих в соответствии с наилучшими имеющимися методами и наилучшими видами природоохранной деятельности, составляют < 0,5 нг I-TEQ/нм<sup>3</sup> (при рабочих концентрациях кислорода).

## **Резюме раздела VI: категории источников, включенные в Часть III Приложения С**

### **A. Открытое сжигание отходов, включая сжигание мусорных свалок**

#### **Резюме**

Открытое сжигание – экологически неприемлемый процесс, в котором образуются химические вещества, перечисленные в Приложении С Стокгольмской конвенции, и многочисленные другие загрязняющие окружающую среду продукты неполного сгорания. В соответствии с Приложением С, Часть V, Раздел А, подпараграф (f) Стокгольмской конвенции наилучшей рекомендацией является максимальное сокращение количества материалов, удаляемых путем открытого сжигания, с конечной целью полного отказа от этого метода.

К другим рекомендациям, которые могут способствовать улучшению ситуации в отношении сжигаемых материалов, относятся следующие: избегать сжигания несгораемых материалов, таких как стекло и насыпные металлические детали, влажные отходы и трудносжигаемые материалы; избегать отходов с высоким содержанием хлора как в составе неорганических хлоридов (например, соли), так и в составе хлорированных органических веществ (например, ПВХ); и избегать материалов, содержащих даже в малых количествах такие каталитические металлы как медь, железо, хром и алюминий. Подлежащие сжиганию материалы должны быть сухими, однородными или хорошо перемешанными и иметь низкую плотность (например, непрессованные отходы).

В отношении самого процесса сжигания необходимо выполнять следующие рекомендации: обеспечивать подачу достаточного количества воздуха; поддерживать устойчивое горение или стабильную потерю массы; сводить к минимуму тление, возможно даже путем прямого тушения; и ограничивать горение небольшим, активно перемешиваемым и хорошо вентилируемым пламенем, а не вести сжигание в больших плохо вентилируемых отвалах или контейнерах.

## **В. Термические процессы в металлургической промышленности, не упомянутые в Приложении С, Часть II**

### **(i) Производство вторичного свинца**

#### **Резюме**

Производство вторичного свинца включает в себя производство свинца и свинцовых сплавов, главным образом из отработанных автомобильных аккумуляторов, а также из других источников сырья (трубы, припой, окалина, свинцовая оплетка). Процесс производства свинца включает в себя предварительную обработку свинцового лома, плавление и рафинирование. Неполное сгорание, присутствие в исходном материале масел, пластмасс и иных органических материалов, температуры в диапазоне 250- 500 °С являются факторами, способными привести к образованию химических веществ, указанных в Приложении С Стокгольмской конвенции.

Наилучшие имеющиеся методы предусматривают использование исходного материала, не содержащего масел и пластмасс, высокую температуру в печи (выше 850 °С), эффективное улавливание газа, применение дожигателей и быстрого охлаждения, адсорбции на активированном угле и пылеулавливающих тканевых фильтров.

Эксплуатационные уровни по выбросам в атмосферу ПХДД/ПХДФ для установок по производству вторичного свинца, функционирующих в соответствии с наилучшими имеющимися методами, составляют < 0,1 нг I-ТЕQ/нм<sup>3</sup> (при рабочих концентрациях кислорода).

### **(ii) Производство первичного алюминия**

#### **Резюме**

Первичный алюминий получают непосредственно из руды (бокситов). Сырье для производства алюминия (глинозем) получают по способу Байера. Металлический алюминий получают электролитическим восстановлением по способу Холла – Эру (с использованием либо самообжигающихся анодов (анодов Зодерберга), либо предварительно обожженных анодов).

Считается, что производство первичного алюминия не является крупным источником химических веществ, перечисленных в Приложении С Стокгольмской конвенции. Однако загрязнение ПХДД/ПХДФ возможно из-за использования для плавления в электролитической ванне графитовых электродов.

К основным методам снижения объема образования и выбросов химических веществ, перечисленных в Приложении С для сектора производства первичного алюминия, относятся усовершенствование и контроль производства анодов, и использование передовых технологий плавления. Эксплуатационные уровни по выбросам в атмосферу ПХДД/ПХДФ для установок по производству первичного алюминия, функционирующих в соответствии с наилучшими имеющимися методами, составляют < 0,1 нг I-ТЕQ/нм<sup>3</sup> (при рабочих концентрациях кислорода).

### **(iii) Производство магния**

#### **Резюме**

**Сырьем для производства магния служит либо неочищенный хлорид магния в процессе электролиза расплавленной соли, либо оксид магния, подвергаемый восстановлению ферросилицием или алюминием при высоких температурах. Вторичный магний может быть извлечен из различных отходов (например, из асбестовой крошки).**

**Добавление хлора или хлоридов, присутствие углеродных анодов или высокие температуры на отдельных стадиях технологического процесса производства магния могут повлечь образование химических веществ, перечисленных в Приложении С Стокгольмской конвенции, и их выброс в атмосферу и воду.**

Альтернативная технология может предусматривать применение неграфитовых анодов, что устраняет источник загрязнения перерабатываемого материала углеродом, и применение активированного угля. Однако эксплуатационная эффективность процесса, соотносимая с наилучшими имеющимися методами, зависит от используемой технологии и методов контроля выбросов в воздушную и водную среду.

#### **(iv) Производство вторичной стали**

##### **Резюме**

Вторичная сталь производится методом прямой выплавки из железосодержащего лома в электродуговых печах. В процессах плавки металлической части шихты и рафинирования стали из лома на сталеплавильных заводах с неполным металлургическим циклом получают углерод, легированные и нержавеющие стали. Железосодержащие сырьевые материалы могут состоять из лома (например, дробленого очищенного лома автомобилей и металлической стружки) или железа прямого восстановления. Кроме того, лом может добавляться в плавильные печи в литейных цехах и при первичной выплавке железа и стали.

С большой долей вероятности можно предположить, что в процессе выплавки стали в электродуговых печах химические вещества, перечисленные в Приложении С Стокгольмской конвенции, возникают в результате *de novo* синтеза при горении нехлорированных органических веществ, например пластмасс, угля и диспергированного углерода, в присутствии доноров хлора. Многие из этих веществ содержатся в следовых концентрациях в стальном ломе или входят в состав исходных материалов процесса, например впрыскиваемого диспергированного углерода.

Основные меры включают в себя надлежащую обработку и кондиционирование отходящих газов, необходимые для предотвращения условий образования ПХДД/ПХДФ в процессах *de novo* синтеза. К основным мерам можно отнести дожигание отходящих газов с их последующим резким охлаждением. Дополнительные меры включают в себя впрыск адсорбента (например, активированного угля) и обеспыливание высокоэффективными тканевыми фильтрами.

Уровни эксплуатационной эффективности в отношении выбросов в атмосферу ПХДД/ПХДФ при использовании наилучших имеющихся методов производства вторичной стали составляют < 0,1 нг ТЕQ /нм<sup>3</sup> (при рабочих концентрациях кислорода).

#### **(v) Выплавка первичных благородных металлов**

##### **Резюме**

Под выплавкой первичных благородных металлов подразумевается извлечение из рудного сырья и рафинирование никеля, свинца, меди, цинка и кобальта. В большинстве случаев предприятия по выплавке первичных благородных металлов перерабатывают рудные



концентраты. Техническое оснащение большинства плавильных печей допускает возможность восполнять подачу рудного концентрата вторичными материалами (например, утилизируемыми отходами).

К методам производства можно отнести пирометаллургические и гидрометаллургические процессы. Принято считать, что химические вещества, перечисленные в Приложении С Стокгольмской конвенции, возникают в результате высокотемпературных пирометаллургических процессов, поэтому гидрометаллургические процессы не рассматриваются в настоящем разделе, посвященном наилучшим имеющимся методам выплавки первичных благородных металлов.

Доступная информация о выбросах ПХДД и ПХДФ из разнообразных источников (например, мусоросжигательных установок, электродуговых сталеплавильных печей, железорудных агломерационных установок) позволяет заключить, что технологические процессы и методы, как и связанное с ними кондиционирование отходящих газов, могут влиять на образование и последующий выброс ПХДД/ПХДФ. Рассматривая предложения о строительстве и вводе в эксплуатацию новых предприятий или внедрении новых технологических процессов выплавки благородных металлов, гидрометаллургические процессы в случаях, когда они технически и экономически осуществимы, следует рассматривать как альтернативы пирометаллургическим процессам.

Основные меры включают в себя применение гидрометаллургических процессов, контроль качества первичного сырья и лома для минимизации содержания в перерабатываемом сырье загрязнителей, ответственных за образование ПХДД/ПХДФ, и применение технологии плавки во взвешенном состоянии. К рассмотренным дополнительным мерам относятся высокоэффективная очистка газа и превращение диоксида серы в серную кислоту, эффективный отвод дыма и газа и высокоэффективное пылеулавливание.

Уровни эксплуатационной эффективности в отношении выбросов в атмосферу ПХДД/ПХДФ при использовании наилучших имеющихся методов выплавки благородных металлов составляют  $< 0,1 \text{ нг I-TEQ /нм}^3$  (при рабочих концентрациях кислорода

## **С. Бытовые источники продуктов сгорания**

### **Резюме**

В этом разделе рассматривается сжигание дерева, угля и газа, а также иных органических материалов, в основном для целей отопления и приготовления пищи в жилых зданиях. Сжигание осуществляется в обслуживаемых вручную печах или каминах либо, в случае крупных систем центрального отопления, в установках автоматического сжигания топлива. Исследования показывают, что из бытовых источников продуктов сгорания выбрасываются значительные количества химических веществ, перечисленных в Приложении С Стокгольмской конвенции. Количество образуемых загрязнителей зависит в основном от используемого топлива (бытовые отходы, плавник с высоким содержанием морской соли и обработанная древесина являются значимыми источниками ПХДД/ПХДФ), а также от эффективности сгорания. Эффективность сгорания зависит от температуры горения, степени смешанности газов, времени пребывания в камере сгорания, достаточности кислорода и свойств топлива. Учитывая относительно большое количество бытовых сжигающих установок, их вклад в общий выброс химических веществ, перечисленных в Приложении С, весьма заметен.

Для уменьшения образования и выброса химических веществ, перечисленных в Приложении С, очень важное значение имеет эффективное сжигание чистого, необработанного топлива для приготовления пищи и отопления. Стратегии сведения к минимуму выбросов перечисленных в Приложении С химических веществ из бытовых

источников сжигания включают в себя программы образования, информирования и обучения населения в области правильного применения бытовых устройств, использования соответствующих топлив и влияния, оказываемого на здоровье людей нерегулируемым бытовым сжиганием. Технологии борьбы с выбросами, используемые обычно в промышленных установках, как правило, не доступны для меньших по мощности бытовых устройств отопления и приготовления пищи. Однако эффективным механизмом уменьшения количества химических веществ, перечисленных в Приложении С, явилось бы использование более экономичных и усовершенствованных печей, при этом была бы получена дополнительная польза – улучшилось бы качество находящегося в помещениях воздуха.

Наилучшие имеющиеся методы включают закрытые сжигатели с низким уровнем выбросов с отводом дымовых газов и использованием сухой древесины. Для стран и регионов, где такое топливо и оборудование не доступны, наилучшими имеющимися методами и наилучшими видами природоохранной деятельности для бытового сжигания является отделение бытовых отходов от топлива для того, чтобы избежать сгорания таких отходов в устройствах для приготовления пищи и обогрева помещений. Во всех странах следует избегать использования в таких сжигателях обработанного дерева либо плавника с высоким содержанием морской соли, а также использования пластмасс в качестве разжигающих материалов.

Во всех странах мира приготовление пищи и обогрев помещения при помощи сжигания древесины является общепринятой и значимой практикой. Любые меры по снижению выбросов химических веществ, перечисленных в Приложении С, в результате бытового сжигания должны учитывать местные социальные, культурные и экономические факторы. Приводятся примеры таких мер, принятых в Австралии и Новой Зеландии.

## **D. Энергетические и промышленные котлы, работающие на ископаемом топливе**

### **Резюме**

Энергетические и промышленные котлы представляют собой устройства, предназначенные для сжигания топлива с целью нагрева воды или производства пара для использования его при производстве электрической энергии либо в промышленных технологических процессах. Объемные концентрации химических веществ, перечисленных в Приложении С Стокгольмской конвенции, в выбросах котлов, работающих на ископаемых топливах, обычно очень низкие. Однако суммарные массовые выбросы из котельной отрасли промышленности могут быть значительными из-за масштабов сжигания ископаемого топлива на электростанциях и при производстве тепла и водяного пара (как в тоннах, так и по распространению).

В число мер, которые можно предпринять для уменьшения образования и выброса химических веществ, перечисленных в Приложении С, входят: поддержание в топке котла условий эффективного горения и обеспечение времени, достаточного для завершения полного сгорания топлива; принятие мер по защите топлива от загрязнения ПХБ, ГХБ и хлором, а также по снижению концентраций этих веществ в других компонентах, о которых известно, что они действуют как катализаторы при образовании ПХДД и ПХДФ; использование соответствующих методов газоочистки с целью снижения выбросов, которые могут содержать захваченные газом загрязнители; и использование соответствующих способов удаления, хранения и утилизации собранной золы.

Уровни выбросов в атмосферу ПХДД/ПХДФ, соотносимые с наилучшими имеющимися методами, могут быть значительно ниже  $0,1 \text{нг I-TEQ}/\text{м}^3$  (содержание кислорода: 6% для твердых видов топлива, 3% для жидких видов топлива).

## **Е. Установки для сжигания древесного топлива и других топливных биомасс**

### **Резюме**

Главная цель установок для сжигания древесного топлива и других топливных биомасс – преобразование энергии. В крупных установках для сжигания древесного топлива и других топливных биомасс в основном используются топки с кипящим слоем и слоевые топки. В установках небольших размеров применяются слоевые топки с нижней подачей топлива и циклонные топки с горением топлива во взвешенном состоянии. В котлах-утилизаторах, используемых в целлюлозной и бумажной промышленности, применяют специальные условия горения. Выбор технологического процесса сжигания связан со свойствами топлива и требуемой тепловой мощностью.

При сжигании древесного топлива и других топливных биомасс, особенно загрязненных топлив, могут образовываться химические вещества, перечисленные в Приложении С. Для установок, работающих на топливных биомассах, в частности древесине, уровни выбросов ПХДД/ПХДФ, ассоциируемые с наилучшими имеющимися методами, обычно составляют менее 0,1 нг I-TEQ/нм<sup>3</sup>. Среди основных мер ключевой является регулирование качества топлива (в частности исключение химически обработанного дерева). Меры по регулированию процесса сжигания незагрязненных биомасс включают в себя методы оптимизации горения и улавливание мелких твердых частиц. Сжигание соломы повышает загрязнение поверхностей и требует применение таких методов сгорания, которые не чувствительны к шлакованию золы.

На таких установках следует избегать сжигания загрязненной биомассы, например древесины. Летучая зола (особенно наиболее мелкодисперсная фракция), образуемая в результате сгорания биомассы, подлежит захоронению на свалках, поскольку характеризуется высоким содержанием тяжелых металлов. Во многих странах (включая Европейский Союз) древесина, обработанная хлорсодержащими веществами или тяжелыми металлами, рассматривается как отходы и подпадает под соответствующие разделы директив и нормативов по сжиганию отходов.

К другим экологическим выгодам, которые приносит применение наилучших имеющихся методов и наилучших видов природоохранной деятельности, относятся сохранение ресурсов и отсутствие выбросов двуокси углерода, появляющейся при сжигании ископаемых топлив (в случае замены топлив).

## **Ф. Конкретные процессы производства химических веществ, сопряженные с выбросом химических веществ, перечисленных в Приложении С**

### **Резюме**

В этом разделе рассматриваются процессы производства промышленных химических веществ, которые теоретически могут приводить к образованию стойких органических загрязнителей (в частности и тех, которые перечислены в Приложении С Стокгольмской конвенции). В большинстве из описанных процессов используются общие для них всех операции, в том числе хлорирование органических или неорганических сырьевых материалов, очистка полученных продуктов, разделение потоков продуктов (обычно путем дистилляции), разрушение побочных продуктов с высоким молекулярным весом и рециркуляция или продажа хлористого водорода. Эффективное разделение и разрушение хлорированных органических побочных продуктов, которые могут включать в себя стойкие органические загрязнители, является ключевым условием для наилучших имеющихся методов, применимых к этим процессам, как и соответствующие указания для всех встроенных процессов сжигания. Для некоторых продуктов представлены также модернизированные технологические процессы, которые позволяют уменьшить образование

стойких органических загрязнителей. В отношении каждого отдельного технологического процесса приводятся уровни эксплуатационной эффективности, соотносимые с наилучшими имеющимися методами.

## **Г. Крематории**

### **Резюме**

С давних пор и по настоящее время кремация являлась важной и принятой в обществе религиозной и культурной практикой, применяемой во многих культурах и странах при смерти людей. Во многих случаях кремация является неотъемлемой частью религиозной практики и похоронного ритуала определенной страны или культуры, в других случаях – это добровольная альтернатива захоронению. Данные руководящие принципы не являются попыткой изменить такую практику или приуменьшить ее значение для придерживающихся ее людей. Для тех стран, где кремация практикуется в соответствии с положениями Стокгольмской конвенции, данные руководящие принципы могут предложить подходы, позволяющие свести к минимуму или устранить образование и выбросы в процессе кремации химических веществ, перечисленных в Приложении С.

Образование и выбросы ПХДД, ПХДФ, ГХБ и ПХБ из крематориев возможны вследствие присутствия этих хлорированных материалов, предшественников и хлора на трупах и некоторых сжигаемых вместе с трупами изделиях из пластика. Меры по минимизации образования и выброса химических веществ, перечисленных в Приложении С, включают устранение хлорированных материалов, конструкцию крематориев, предусматривающую минимальную температуру печи в 850° С, двухсекундное время удержания дымовых газов в зоне горения и достаточное количество воздуха для обеспечения сгорания. Крупные новые крематории должны также оборудоваться воздухоочистными устройствами для минимизации выбросов сернистого газа, хлористого водорода, угарного газа, летучих органических соединений, взвешенных частиц и стойких органических загрязнителей. Применительно к выбросам в атмосферу ПХДД/ПХДФ эксплуатационные уровни, соотносимые с наилучшими имеющимися методами, составляют < 0,1 нг I-TEQ/м<sup>3</sup>.

## **Н. Транспортные средства, прежде всего работающие на этилированном бензине**

### **Резюме**

Основные виды горючего, используемые в транспортных средствах, это бензин и дизельное топливо. Все большее значение приобретает сжиженный нефтяной газ, топливо на основе растительных масел и прочее биотопливо, спирто-нефтяные смеси.

ПХДД/ПХДФ обнаруживают в выхлопных газах автотранспорта, работающего на бензине или дизельном топливе. Более высокие концентрации характерны для выхлопов автотранспорта, работающего на этилированном бензине, вследствие наличия в горючем хлорированных или бромированных присадок.

В качестве альтернативы этилированному бензину можно рекомендовать: неэтилированный бензин (желательно с катализатором); дизельное топливо (желательно с дизельным катализатором окисления и фильтром макрочастиц); сжиженный нефтяной газ; сжатый природный газ; пропан/бутан; биотопливо; спирто-нефтяные смеси.

Наилучшие имеющиеся методы включают запрет на галогенированные присадки, оснащение автомашин каталитическим нейтрализатором или фильтром макрочастиц.

Отсутствуют данные замеров по биотопливам, спирто-нефтяным смесям и сжиженному нефтяному газу, полностью отсутствуют данные по двухтактным двигателям.

## **I. Уничтожение туш животных**

### **Резюме**

Образование и выбросы ПХДД, ПХДФ, ПХБ и ГХБ установками по сжиганию туш животных объясняются присутствием этих хлорированных материалов, прекурсоров и хлора в тушах или изделиях из пластика, сжигаемых вместе с тушами, а также в побочных продуктах. Возможные меры по сокращению образования и выбросов стойких органических загрязнителей включают избегание совместного сжигания туш и иных отходов, требование поддержания минимальной температуры в печи в 850° С, 2-секундное время удержания газов горения и достаточный объем избыточного воздуха для сгорания. Крупные сооружения (> 50 кг/час) должны быть оснащены воздухоочистными установками для минимизации выбросов сернистого газа, хлористого водорода, угарного газа, летучих органических соединений, взвешенных частиц и стойких органических загрязнителей. В отношении выбросов ПХДД/ПХДФ в атмосферу могут быть достигнуты эксплуатационные уровни, соответствующие наилучшим имеющимся методам и составляющие < 0,1 нг I-TEQ/нм<sup>3</sup>.

Прочие методы утилизации, такие как захоронение, свалки или компостирование не считаются значимыми источниками эмиссий веществ, перечисленных в Приложении С, хотя необходимо учитывать факторы экологии, здравоохранения, неудобств для населения и защиты здоровья животных. Щелочной гидролиз или ферментативный гидролиз является методом последующего уничтожения туш животных.

## **J. Крашение и отделка в текстильной и кожевенной промышленности**

### **Резюме**

Загрязнение ПХДД/ПХДФ было обнаружено как в продуктах текстильной, так и кожевенной промышленности. Такое присутствие ПХДД/ПХДФ в текстильном и кожевенном производстве объясняется использованием хлорированных химикатов, особенно пентахлорфенола и хлорнитрофена, для защиты сырья (например, хлопка, шерсти и других волокон, кожи); а также использованием диоксин-загрязненных красителей (например, диоксазинов и фталоцианинов). В малых объемах ПХДД/ПХДФ может формироваться на этапах отделки и при сжигании отстоев, образуемых в технологическом процессе.

Существуют альтернативы вышеперечисленным красителям, поэтому такие красители не должны применяться.

Возможные альтернативы пентахлорфенолу и хлорнитрофену включают: 2-(тиоцианметилтио) бензотиазол (ТЦМТБ); *o*-фенилфенол (оФФ); 4-хлор-3-метилфенол (ХМФ); 2-*n*-октил-4-изотиазолин-3-один (ОИТ) (2-*n*-octyl-4-isothiazolin-3-one).

Что касается наилучших имеющихся методов, наиболее эффективной основной мерой по предотвращению загрязнения текстильных и кожаных товаров ПХДД/ПХДФ будет отказ от использования диоксин-загрязненных биоцидов и красителей в производственной цепи. Также, в случае использования каких-либо из вышеперечисленных химикатов, предпочтение должно отдаваться партиям с низкой концентрацией (например, дистиллированные или иным образом очищенные химикаты). По мере возможности следует избегать сжигания текстильных, драпировочных, кожевенных и ковровых материалов, чтобы не допускать образования ПХДД/ПХДФ.

Для того, чтобы предотвратить или свести к минимуму образование и выбросы ПХДД/ПХДФ при сжигании отстоев, образуемых в результате очистки сточных вод, должны применяться наилучшие имеющиеся методы, описанные в разделе VI.D настоящего руководства (промышленные котлы). Однако, необходимо также рассматривать возможность применения и других экологически безопасных методов.

## **К. Установки для переработки отслуживших свой срок автомобилей**

### **Резюме**

Шрединг-установки для переработки отслуживших свой срок автомобилей указаны в Приложении С Стокгольмской Конвенции как потенциальный источник образования и выбросов химических веществ, перечисленных в Приложении С. Шрединг-установки – это крупные агрегаты, оборудованные внутри одним или более измельчительными наконечниками или дробильными валиками, а также износокомпенсирующими легированными стальными пластинами, проложенными по внутренней поверхности. Электродвигатель приводит в движение ротор со свободно раскачивающимися молотами из легированной стали. Под шредером находится вибрационный поддон, на который поступает измельченный материал, пропускаемый через решетки. В типичном случае образуется поток черных металлов, являющийся относительно чистым и состоящий из малых (50 мм) фрагментов стали и потока «вспушенной» массы, содержащей фрагменты цветных металлов и иных материалов, попавших в шредер.

Имеются лишь немногочисленные данные по измерениям дымовых выбросов шрединг-установок. Однако, в некоторых исследованиях было показано, что выбросы ПХДД/ПХДФ в атмосферу превышают 0,1 нг I-TEQ/м<sup>3</sup>. В настоящее время нет достаточных свидетельств того, что при (механическом) измельчении автомобилей, бытового электрооборудования или иных электроприборов происходит новообразование полихлорированных дибензо-п-диоксинов (ПХДД), полихлорированных дибензофуранов (ПХДФ) или полихлорированных бифенилов (ПХБ). Имеющиеся данные свидетельствуют, что содержащиеся в выбросах шрединг-установок ПХДД/ПХДФ и ПХБ являются результатом преднамеренного промышленного производства и привносятся с маслами, диэлектрическими жидкостями и иными материалами, присутствующими в автомобилях или потребительских товарах, а в ходе механического процесса измельчения они просто высвобождаются.

В любом случае, на шрединг-установках должны приниматься меры по предотвращению случайных пожаров (в результате которых могут образовываться химические вещества, перечисленные в Приложении С). Легкая «вспушенная» масса в шредере включает воспламеняющуюся пластиковую пленку и измельченные в пыль волокна, что требует уделения большого внимания предотвращению случайных пожаров при эксплуатации установки. Системы уменьшения объема пыли (например, мокрый шрединг) или сбора пыли (например, циклоны, скрубберы Вентури или рукавные фильтры) обычно устанавливаются на шредерных заводах для переработки отслуживших автомобилей. Системы пылеподавления или пылеулавливания помогают снизить объем потенциальных выбросов стойких органических загрязнителей. Для улучшения контроля за эмиссией пыли необходимо хранить мелкодисперсные сухие остатки таким образом, чтобы обеспечить их минимальную дисперсию. Другими источниками диоксиновых предшественников, которые могут привести к образованию ПХДД/ПХДФ при сжигании, являются конденсаторы, содержащие ПХБ, отработанные масла или текстиль, загрязненные ПХБ или хлорбензолом, и полимеры, содержащие бромированные огнезащитные составы (образование полибромированных дибензо-п-диоксинов (ПБДД) и полибромированных дибензофуранов (ПБДФ) как загрязнителей).

## **Л. Обработка медных кабелей тлеющим огнем**

### **Резюме**

Лом меди часто извлекается путем открытого сжигания пластиковой изоляции электрокабелей и электропроводов. Химические вещества, перечисленные в Приложении С Стокгольмской конвенции вероятно образуются из пластика и присутствующих в остаточном количестве масел, а медь служит катализатором при температурах тлеющего огня в 250° - 500° С.

Наилучшие имеющиеся методы включают механическое измельчение кабеля, зачистку или высокотемпературное сжигание  $> 850^{\circ}\text{C}$ . Также возможно установить цену с надбавкой за незачищенный кабель и поощрять отправку переплавляемого материала на медеплавильные заводы, использующие для обработки наилучшие имеющиеся методы.

Эксплуатационные показатели, ассоциируемые с наилучшими имеющимися методами, здесь неприменимы, поскольку процесс обработки тлеющим огнем не относится к наилучшим имеющимся методам или наилучшим видам природоохранной деятельности и не должен применяться в отношении медных кабелей.

## **М.            Предприятия по переработке отработанных масел**

### **Резюме**

Предприятия по переработке отработанных масел приводятся в Приложении С Стокгольмской конвенции как потенциальный источник образования и выбросов химических веществ, перечисленных в Приложении С.

Применительно к целям этого раздела руководства, отработанные масла определяются как любые использованные масла на нефтяной, синтетической, растительной или животной основе. Отработанные масла могут происходить из двух основных источников: промышленные отработанные масла, и растительные и животные отработанные масла. Среди промышленных отработанных масел можно выделить три основные категории: промышленные масла (например, смазочное масло для гидравлических систем, смазка для двигателей, эмульсионное масло); масла, использованные в гаражах и мастерских; и трансформаторное масло.

Обнаружилось, что отработанные масла могут быть загрязнены полихлорированными дибензо-п-диоксинами (ПХДД), полихлорированными дибензофуранами (ПХДФ) и полихлорированными бифенилами (ПХБ). В настоящее время нет свидетельств того, что на предприятиях по переработке отработанных масел происходит новообразование ПХДД/ПХДФ или ПХБ. Имеющиеся данные свидетельствуют, что выбросы ПХДД/ПХДФ и ПХБ предприятиями по переработке отработанных масел или предприятиями по их транспортировке и утилизации происходят в результате промышленного, преднамеренного производства ПХБ или хлорбензолов, которые попадают в отработанные масла как загрязнители либо в процессе синтеза (этих химических веществ), либо в процессе использования или предшествующей рециркуляции. В этом смысле предприятия по переработке отработанных масел представляют собой не источник формирования химических веществ, перечисленных в Приложении С, а скорее источник их распространения.

Согласно имеющейся информации, варианты утилизации отработанных масел включают: повторное использование или регенерацию, термический крекинг, и сжигание или использование в качестве топлива. Следует отметить, что во многих странах также практикуется сброс на свалку и открытое сжигание.

За информацией о сжигании отработанных масел в мусоросжигательных установках или их использовании в качестве топлива следует обратиться к соответствующим разделам настоящего руководства (разделы V.A, установки для сжигания отходов; V.B, цементные печи для сжигания опасных отходов; VI.A, открытое сжигание отходов; VI.C, источники, связанные с процессами сжигания в домашних хозяйствах; VI.D, сжигание ископаемых видов топлива в котлах коммунальной системы и в промышленных котлах).

## **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 Колушко-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.

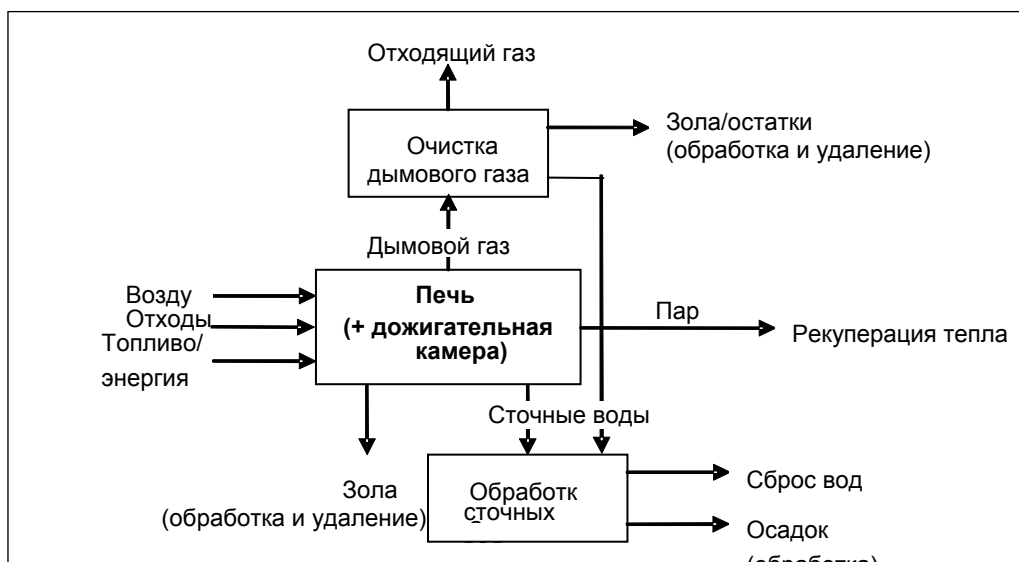
В процессе полного сгорания основными компонентами дымовых газов являются водные пары, азот, углекислый газ и кислород. В зависимости от состава сжигаемого материала, эксплуатационного режима и системы очистки дымовых газов, производятся выбросы кислых газов (окислов серы, окислов азота, хлористого водорода), 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 шредерных 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.

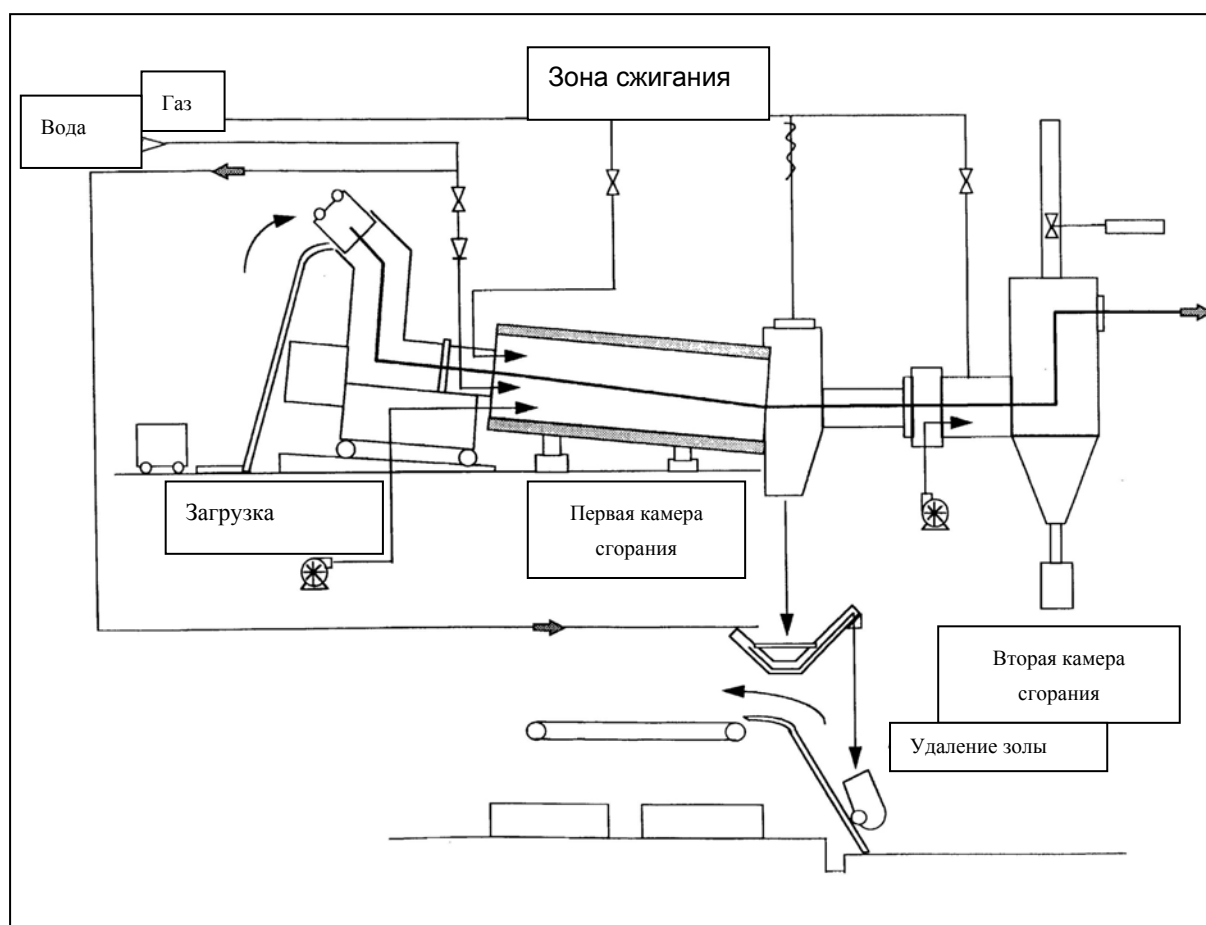
перерабатывают потоки отходов, образуемых на этих предприятиях, например, установка для сжигания хлорсодержащих отходов химического производства с целью получения хлористого водорода (HCl).

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

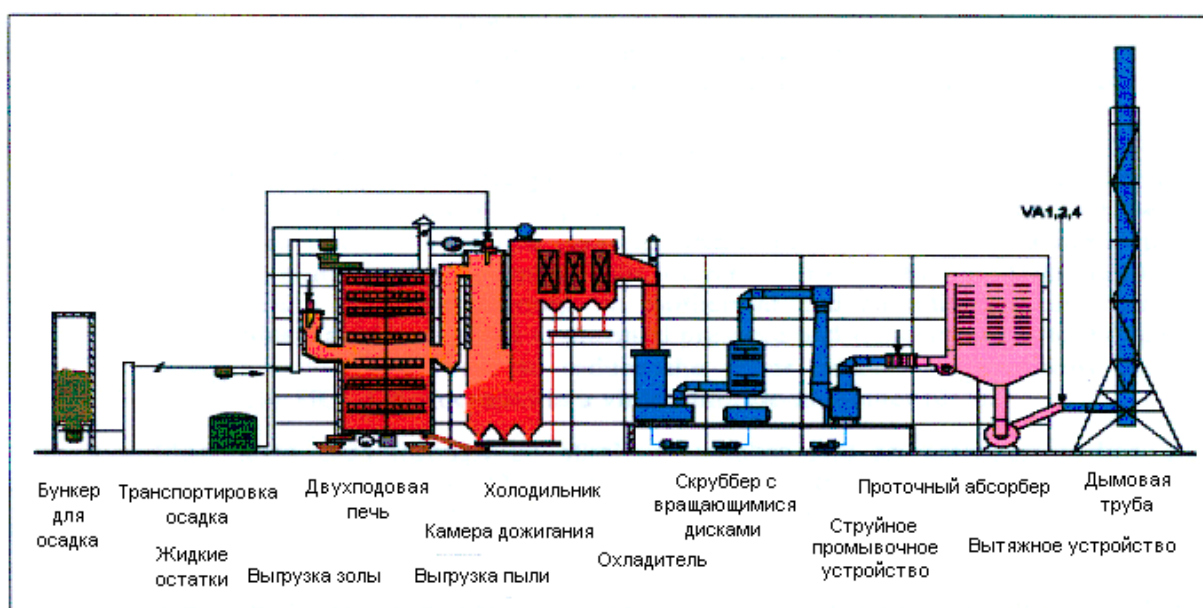
при автотермическом сжигании. В случае, если предполагается совместное сжигание с твердыми бытовыми отходами, может понадобиться дополнительная сушка.

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 6 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 пластика 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).

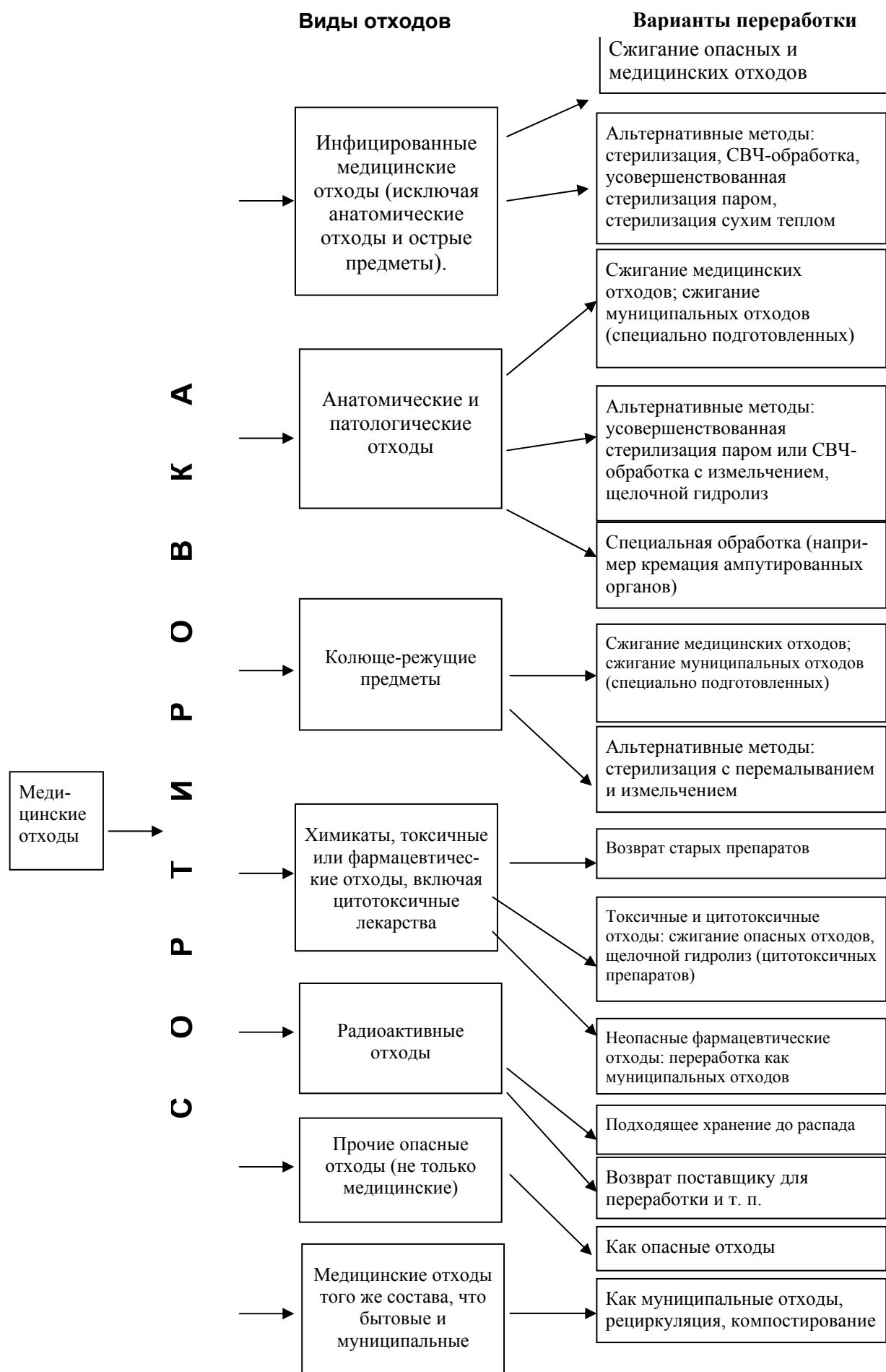
(b) Химические, токсичные, фармацевтические отходы и общие отходы:

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 утрамбовывание 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.

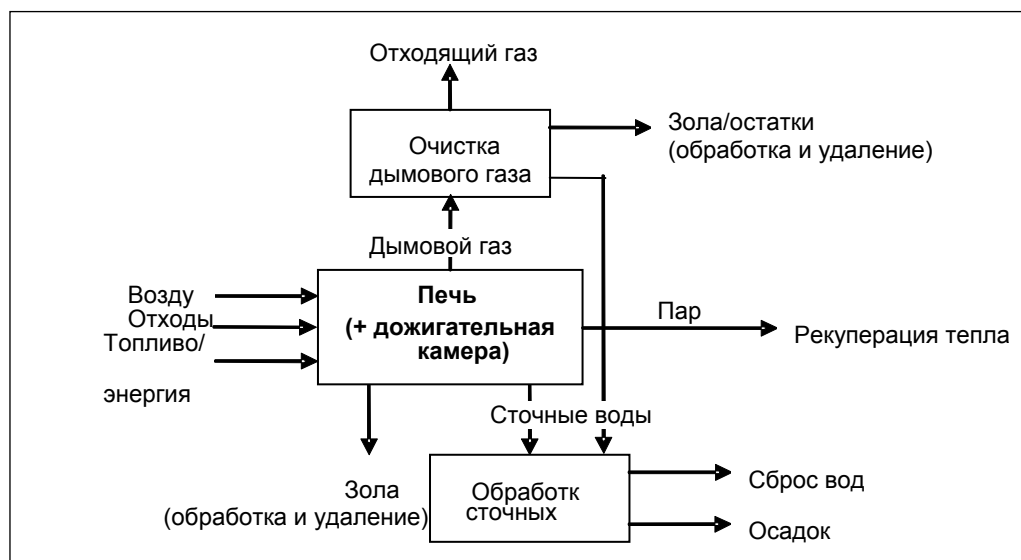
Если инфицированные отходы не могут быть сожжены незамедлительно (в течение 48 ч), их следует хранить в охлаждаемом помещении (с температурой не выше 10° С). Рабочие помещения и помещения для хранения должны обеспечивать возможность проведения дезинфекции.

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.

Образующиеся 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 ( $850\text{...}1100^\circ\text{C}$  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).

## **Раздел V**

**Указания и руководящие принципы по  
категориям источников:**

**Категории источников в Части II Приложения С**

**Категория источников (b):**

**Цементные печи для сжигания опасных отходов**



## Содержание

### В. ЦЕМЕНТНЫЕ ПЕЧИ ДЛЯ СЖИГАНИЯ ОПАСНЫХ ОТХОДОВ

1.	ВВЕДЕНИЕ .....	4
1.1	<i>Общая характеристика цементной промышленности .....</i>	4
1.2	<i>Сжигание отходов в цементных печах.....</i>	5
2.	ССЫЛКИ НА ПРОЧИЕ ИСТОЧНИКИ ИНФОРМАЦИИ .....	6
2.1	<i>Общие вопросы управления отходами (Раздел III.C (ii)).....</i>	8
2.2	<i>Другие возможности обработки отходов .....</i>	6
2.3	<i>Базельские технические указания .....</i>	6
3.	ПРОЦЕССЫ ПРОИЗВОДСТВА ЦЕМЕНТА .....	6
3.1	<i>Общие принципы.....</i>	7
3.2	<i>Подготовка сырья.....</i>	7
3.3	<i>Процессы во вращающейся печи.....</i>	8
3.4	<i>Процессы перемалывания цемента .....</i>	9
3.5	<i>Контроль выбросов .....</i>	9
4.	ГОРЕНИЕ.....	10
4.1	<i>Использование традиционного топлива .....</i>	10
4.2	<i>Сжигание отходов или опасных отходов.....</i>	10
5.	ПРОДУКТЫ НА ВХОДЕ И ВЫХОДЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА .....	16
5.1	<i>Общие продукты процесса.....</i>	16
5.2	<i>Потребление энергии .....</i>	17
5.3	<i>Выбросы ПХДД и ПХДФ .....</i>	18
5.4	<i>Выбросы ПХБ и ГХБ.....</i>	22
6.	НАИЛУЧШИЕ ИМЕЮЩИЕСЯ МЕТОДЫ И НАИЛУЧШИЕ ВИДЫ ПРИРОДООХРАННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ..	22
6.1	<i>Общие меры регулирования отходов.....</i>	23
6.2	<i>Конкретные меры.....</i>	24
7.	ТРЕБОВАНИЯ К ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ, ОСНОВАННЫЕ НА НАИЛУЧШИХ ИМЕЮЩИХСЯ МЕТОДАХ .....	29
8.	МОНИТОРИНГ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ .....	29
	ССЫЛКИ НА ЛИТЕРАТУРУ .....	30
	ПРОЧИЕ ИСТОЧНИКИ .....	31

## Таблицы

Таблица 1. Сводные результаты измерений ПХДД и ПХДФ .....	19
Таблица 2. Подача отходов в подогреватель/прекальцинатор и воздействие на выбросы ПХДД/ПХДФ.	23

## Рисунки

Рисунок 1. Описание процессов и системных ограничений в производстве цемента **Error! Bookmark not defined.**

Рисунок 2. Вращающаяся печь с предварительным подогревателем пульпы и кальцинатором..... **Error! Bookmark not defined.**

Рисунок 3. Температурные профили и типичные фазы по времени удержания в клинкерной печи с циклонным подогревателем и прекальцинатором.....20



## V.B. Цементные печи для сжигания опасных отходов

### Резюме

Основным назначением цементных печей является производство клинкера. Сжигание отходов в этих печах имеет целью получение энергии и замещение ископаемых топлив или минералов. В некоторых случаях в цементных печах уничтожаются опасные отходы.

Процесс производства цемента включает в себя кальцинирование – разложение карбоната кальция ( $\text{CaCO}_3$ ) при температуре около  $900^\circ\text{C}$  для получения окиси кальция ( $\text{CaO}$ , негашеная известь) с последующим спеканием во вращающихся печах при температуре около  $1450^\circ\text{C}$ . Для получения цемента образовавшийся клинкер измельчается вместе с гипсом и другими добавками. В зависимости от физических и химических условий основные этапы производства цемента называют сухими, мокрыми, полусухими или полумокрыми.

Процесс сжигания в цементной печи может приводить к образованию и последующему выбросу химических веществ, перечисленных в Приложении С к Стокгольмской Конвенции. Эти вещества могут выделяться также из хранилищ.

Адекватно спроектированный технологический процесс и принятие надлежащих основных мер должны обеспечивать такую эксплуатацию цементных печей при сжигании опасных отходов, при которой сводится до минимума образование и выброс означенных веществ, так что концентрация ПХДД и ПХДФ в дымовых газах оказывается меньше  $0,1 \text{ нг I-TEQ/нм}^3$  (при содержании кислорода 10%), в зависимости от таких факторов, как использование чистого топлива, загрузка отходов, температурный режим и пылеудаление. При необходимости можно применить и дополнительные меры для снижения таких выбросов.

Имеются многочисленные данные по выбросам ПХДД/ПХДФ в атмосферу.

Сообщалось о выбросах ПХДД и ПХДФ с пылью цементных печей и, возможно, с клинкером. Сегодня проводятся дополнительные исследования этого вопроса. Данные о выбросах ПХБ и ГХБ до сих пор весьма немногочисленны.

Уровни эксплуатационной эффективности, соответствующие наилучшим имеющимся методам и наилучшим видам природоохранной деятельности применительно к содержанию ПХДД/ПХДФ в дымовых газах, составляют менее  $0,1 \text{ нг I-TEQ/нм}^3$  при расчетных условиях 273 К, 101,3 кПа, 10%  $\text{O}_2$ , сухая газовая основа.

### Преамбула

Нижеследующие предварительные руководящие принципы предоставляют указания по наилучшим имеющимся методам и наилучшим видам природоохранной деятельности для сжигания в цементных печах отходов, обозначенных в Статье 5 и Приложении С, Части II Конвенции. Отходы могут подвергаться совместному сжиганию в цементных печах либо как альтернативное топливо, либо в целях уничтожения. Поэтому в данном разделе также рассматриваются требования Статьи 6 Конвенции в отношении уничтожения отходов, содержащих стойкие органические загрязнители.

В данном разделе также рассматриваются «Общие технические указания по экологически обоснованному обращению с отходами  $\text{CO}_2$ , отходами, содержащими  $\text{CO}_2$ , и отходами, загрязненными  $\text{CO}_2$ », разработанные Сторонами Базельской конвенции о контроле за трансграничной перевозкой опасных отходов и их удалением (Basel Convention Secretariat 2005). В этом документе даются указания по наилучшим имеющимся методам, применяемым к уничтожению и необратимому преобразованию стойких органических загрязнителей, а также определяется, что совместное сжигание отходов в цементных печах может использоваться для

такого уничтожения и необратимого преобразования стойких органических загрязнителей в отходах.

Процессы уничтожения и совместного сжигания отходов и опасных отходов в цементных печах также подробно рассматриваются в данном разделе. Читая представленный материал, необходимо помнить, что в настоящее время нет четких определений терминов «отходы» и «опасные отходы». В контексте настоящего руководства термин «отходы» используется независимо от теплотворной способности либо потенциальной способности к замещению минеральных ресурсов.

В настоящем разделе рассматриваются вопросы, относящиеся к категориям источников, перечисленных в Части II b Приложения С: цементные печи для сжигания опасных отходов; а в случае совместного сжигания в цементных печах бытовых отходов или осадка сточных вод – Части II а.

## **1 Введение**

### **1.1. Общая характеристика цементной промышленности**

За последние годы объем производства цемента в мире постоянно наращивался, и по прогнозам эта тенденция будет продолжаться и в будущем. Согласно проводимым исследованиям, мировое производство цемента в 2003 году составило 1940 миллионов тонн, что выше показателя за 2001 г. – 1690 миллионов тонн, и за 2002 - 1660 миллионов тонн. Значительная часть производства осуществляется с применением сухих процессов (de Bas 2002; DFIU/IFARE 2002).

За последние годы наблюдался стабильный расчетный годовой прирост в 3,6% вследствие значимого спроса в развивающихся странах и странах с переходной экономикой. В настоящее время общее мировое производство распределяется следующим образом: Европа – 14,4%, США – 4,7%, Другие страны американского континента – 6,6%, Азия – 67,5% (Китай – 41,9%), Африка – 4,1%, прочие страны мира – 2,7%. Глобальное потребление цемента по расчетным данным в среднем составило 260 кг на душу населения в 2004 году (Cembureau 2004).

Производство цемента в Европе составляет около 190 млн. тонн в год. На сухие процессы приходится более 75% его производства, что объясняется активным внедрением этих более энергосберегающих процессов на новых и расширяющихся заводах за последние годы; на полусухие или полумокрые - 16% и на мокрые - 6%. Типичная производительность европейских печей составляет 3000 тонн клинкера в сутки. (Wulf-Schnabel and Lohse 1999).

В Китае в 2005 г цементная промышленность произвела 1038 млн. тонн цемента (808 кг. на душу населения; 45,4% мирового производства)<sup>1</sup>. Примерно 60% цемента было произведено в 4000 вертикальных печей (Karstensen 2006a).

В США средняя современная печь производит 468 тысяч тонн клинкера в год (данные за 2002 г.). Около 81% цемента в США производится с использованием сухих технологий (Portland Cement Association website).

Традиционно в качестве основного топлива в цементных печах используется уголь. Также используются или использовались многие другие виды топлива, включая нефтяной кокс, природный газ и нефть (European Commission 2001). В Европе за последние 20 лет удельное энергопотребление цементной промышленности снизилось на 30% (что эквивалентно около 11 млн. тонн угля в год) (Cembureau 2004). В цементных печах достаточно часто может использоваться несколько видов топлива одновременно, либо виды топлива могут периодически меняться в зависимости от их цены.

### **1.2. Сжигание отходов в цементных печах**

В дополнение к традиционным видам топлива, указанным в разделе 1.1, в цементной промышленности в качестве топлива также используются различные виды отходов. В цементной промышленности Европы потребление отходов в качестве топлива составляет около 6 млн. тонн, что соответствует норме калорического замещения в 18% (Cembureau 2004).

---

<sup>1</sup> Сообщение CEMBUREAU (2006).

Кроме того, цементные печи могут использоваться для уничтожения отходов, включая опасные отходы, некоторые из которых производят нулевую или минимальную энергию либо имеют минимальное содержание минералов. Это может производиться по требованию национального правительства или в соответствии с местной потребностью. На хорошо контролируемых установках может достигаться высокая эффективность уничтожения органических составляющих таких отходов.

Такое совместное сжигание опасных отходов может производиться только при соблюдении требований по контролю загружаемых отходов (например, в отношении содержания тяжелых металлов, теплотворной способности, содержанию золы, содержанию хлора), контролю за технологическими параметрами процесса и контролю за выбросами.

Однако, необходимо напомнить, что цементные печи в первую очередь предназначены для производства клинкера и не все эксплуатационные условия, соответствующие производству надлежащего клинкерного продукта, идеальны для уничтожения отходов; например, в цементных печах обычно более низкие уровни отходящего кислорода и более высокие уровни угарного газа, чем в надлежащим образом эксплуатируемых установках для сжигания. Разрушение органических отходов требует не только высоких температур, но и длительного времени обработки, а также достаточного количества кислорода и надлежащего перемешивания предназначенных для уничтожения органических веществ с кислородом. Могут возникнуть условия, при которых отходы не будут полностью уничтожаться, если они не подаются в печь надлежащим образом, или если уровень наличествующего кислорода слишком низок. Для использования цементных печей в означенных целях критически важными являются их надлежащая конструкция и эксплуатация.

Необходимо подчеркнуть, что такой процесс отличается от технологического замещения топлива или сырья. В таких странах, как Япония, Норвегия и Швейцария цементные печи в течение многих лет использовались для сжигания отходов вследствие нехватки площадей для свалок. В последнее время в некоторых развивающихся странах, испытывающих нехватку инфраструктуры по удалению или сжиганию отходов, стали использоваться цементные печи для уничтожения отходов в качестве наиболее экономичного и доступного варианта. В настоящем разделе будут даны указания в отношении экологических вопросов, связанных с таким подходом. Даже там, где существует адекватная инфраструктура удаления отходов, может быть полезно использовать цементные печи в качестве дополнения к уже имеющимся возможностям.

Применение подходов, включающих управление отходами, например, рециркуляцию и рекуперацию, предпочтительно удалению их на свалки либо уничтожению в цементных печах. В каждом конкретном случае необходимо проводить оценку ситуации на основе общей стратегии управления отходами (см. раздел III С (ii)).

В исключительных случаях цементные печи могут использоваться для безопасного удаления отходов, имеющих низкую теплотворную способность либо малое содержание минералов, независимо от процесса клинкерного производства. Для такого вида обработки в каждом конкретном случае необходимо заключение соглашений между органами власти и операторами цементного завода.

При решении вопроса об использовании цементных печей для уничтожения отходов необходимо тщательно оценить имеющиеся альтернативы. Уничтожение отходов в цементных печах должно соответствовать жестким нормативам по безопасности, охране здоровья и окружающей среды, и не должно ухудшать качество конечного продукта. В странах, где нет жестких норм по качеству конечного продукта, еще более важным является требование применения НИМ и НВПД для установок, осуществляющих совместное сжигание отходов. При уничтожении таких отходов должен жестко контролироваться технологический процесс и должны регулярно производиться замеры выбросов.

## **2. Ссылки на прочие источники информации**

Общая информация об эксплуатации цементных печей и о сжигании отходов в цементных печах приводится в следующих источниках:

European Commission.2001. *Reference Document on the Best Available Techniques in the Cement and Lime Manufacturing Industries*. BAT Reference Document (BREF). European IPPC Bureau, Seville, Spain<sup>2</sup>. (<http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm>)

European Commission.2005. *Reference Document on the Best Available Techniques for the Waste Treatments Industries*. BAT Reference Document (BREF). European IPPC Bureau, Seville, Spain. (<http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm>)

Holcim. 2006. *Guidelines on Co-Processing Waste Materials in Cement Production*. The GTZ- Holcim public private partnership 2006. ([http://www.holcim.com/gc/CORP/uploads/GuidelinesCOPROCEM\\_web.pdf](http://www.holcim.com/gc/CORP/uploads/GuidelinesCOPROCEM_web.pdf))

CSI (Cement Sustainability Initiative). 2006. *Guidelines for the Selection and Use of Fuels and Raw Materials in the Cement Manufacturing Process: Fuels and Raw Materials*. World Business Council for Sustainable Development, Geneva, Switzerland. ([http://www.wbcscement.org/pdf/tf2/tf2\\_guidelines.pdf](http://www.wbcscement.org/pdf/tf2/tf2_guidelines.pdf))

## **2.1 Общие вопросы управления отходами (Раздел III.C (ii))**

Общество может управлять отходами различными способами в зависимости от физических и химических свойств отходов и от той экономической, социальной и экологической ситуации, в которой эти отходы производятся. Некоторые из этих факторов описываются ниже. Конкретные решения всегда должны приниматься с учетом местных обстоятельств, таких как наличие предприятий по обработке отходов, рынков альтернативных материалов, а также инфраструктуры, необходимой для безопасного сбора, управления и транспортировки отходов (CSI 2005). Раздел III C (ii) настоящих руководящих принципов представляет иерархию принятия решений по управлению отходами.

## **2.2 Другие возможности обработки отходов**

Применение цементных печей для обработки отходов должно рассматриваться только как часть общего спектра возможностей по управлению отходами, которые приводятся на рисунке ниже в виде иерархической структуры. Сжигание отходов также является вариантом удаления отходов, и при рассмотрении вопроса о применении цементных печей в этих целях необходимо учитывать руководства по НИМ и НВПД для данной категории источников.

## **2.3 Базельские технические указания**

Технические указания, принятые в рамках Базельской конвенции, заслуживают особого внимания, поскольку представляют руководство по наилучшим имеющимся методам, применяемым к уничтожению или необратимому преобразованию стойких органических загрязнителей в отходах.

# **3. Процессы производства цемента**

В настоящем руководстве описание процесса производства цемента ограничивается различными технологиями вращающихся печей. Необходимо помнить, что в Китае большая часть цемента производится в вертикальных печах, потребляющих много энергии и имеющих плохие экологические показатели (H. Klee, World Business Council for Sustainable Development, personal communication 2004). Поэтому вертикальные печи не должны рассматриваться как один из вариантов наилучших имеющихся методов.

## **3.1 Общие принципы**

Химический процесс производства цемента начинается с разложения известняка (т. е. карбоната кальция,  $\text{CaCO}_3$ ) при температуре около  $900^\circ\text{C}$  для получения окиси кальция, или жженой извести ( $\text{CaO}$ ) с выделением углекислого газа ( $\text{CO}_2$ ); этот процесс называют кальцинацией. Следующим этапом является процесс получения клинкера, в ходе которого  $\text{CaO}$  реагирует при высокой температуре (обычно  $1400 - 1500^\circ\text{C}$ ) с кремнеземом, глиноземом и  $\text{FeO}$ , в результате чего

<sup>2</sup> Данный справочный документ в настоящее время (2006) обновляется.

образуются силикаты, алюминаты и ферриты кальция, которые и составляют портландцементный клинкер. В результате измельчения этого клинкера совместно с гипсом и другими добавками и получается цемент. На рисунке 1 приводится описание процессов и системные ограничения в производстве цемента.

### **3.2 Подготовка сырья**

Подготовка сырья чрезвычайно важна для процесса в печи, поскольку позволяет подготовить сырье нужного химического состава и требуемой степени измельчения. Для получения однородного химического состава сырья также важно точно отмерять компоненты в нужной пропорции. Эти подготовительные мероприятия важны для бесперебойной работы печи и получения высококачественного продукта.

Подготовка твердого топлива (дробление, перемалывание и сушка) обычно проводится на производственной площадке.

Сырье в надлежащих пропорциях перемалывается и смешивается для образования однородной массы с нужным химическим составом. Для сухих и полусухих процессов сырьевые компоненты перемалываются и высушиваются до состояния порошка, для чего используются, в основном, отходящие газы печи и/или воздух из охлаждающей установки. Для сырья с относительно высоким содержанием влаги может потребоваться вспомогательная печь для получения дополнительного тепла.

Мокрое перемалывание используется только в мокрых или полумокрых процессах. Сырьевые компоненты перемалываются с добавлением воды до получения суспензии. Мокрый процесс обычно предпочтителен, когда содержание влаги в сырьевых компонентах превышает 20% от веса.

(European Commission 2001)

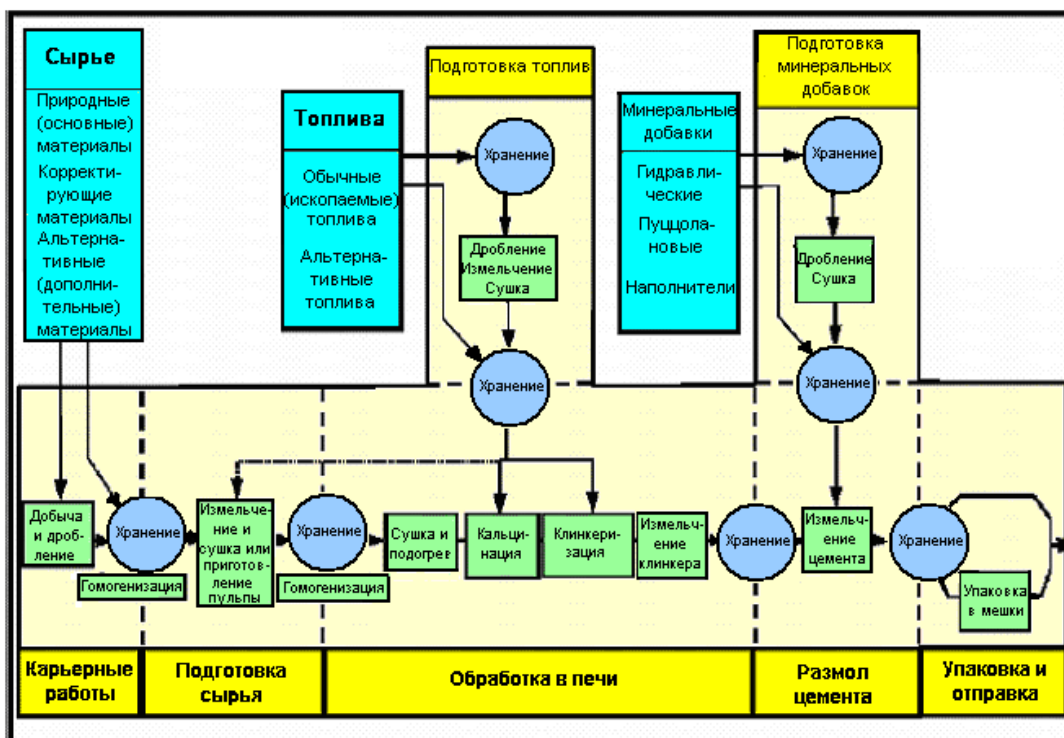
### **3.3. Процессы во вращающейся печи**

Исходное сырье, известное под названиями сырьевой муки, исходной смеси, пульпы (в случае мокрого процесса) или печного сырья, нагревается в печи (обычно большой наклонной стальной вращающейся печи) в режиме противотока газов и твердых веществ, который обеспечивает более высокую эффективность теплообмена. Сырье подается в холодную верхнюю часть печи и в результате ее вращения и наклона постепенно перемещается к горячему нижнему концу. В этот конец подается для сжигания основное топливо (обычно угольный или нефтяной кокс). По мере продвижения сырья вдоль печи оно нагревается, высушивается и подвергается высокотемпературным превращениям, в результате которых и получается клинкер, состоящий из кусков переплавленного негорючего материала. Есть несколько методов введения топлива (как ископаемого, так и альтернативного) в печь. Подробно они описываются ниже в параграфе 4.1.

Клинкер, выгружается из вращающейся печи, имея температуру около 1000° С, и падает на охлаждающее устройство, обычно представляющее собой движущуюся решетку, через которую продувается охлаждающий воздух.

Различные технологические процессы пиропроцессного этапа производства цемента выполняют необходимые физические и химические преобразования. Они различаются конструкциями установок, методами работы и потреблением топлива.

Рис. 1. Описание процессов и системных ограничений в производстве цемента



### 3.3.1 Сухие процессы

В сухих процессах исходное сырье измельчается и высушивается для получения сырьевой муки в виде «текучего» порошка. Эта сырьевая мука подается в печь предварительного нагрева, или предварительной кальцинации либо, реже, в длинную печь сухой кальцинации. Энергоэффективность печи выше, когда сырьевая мука подогревается перед поступлением в печь.

#### 3.3.1.1. Сухой процесс с предварительным подогревом

В этом процессе для повышения термического КПД применяются предварительные подогреватели сырьевой муки. Такой подогреватель представляет собой башню, в которой размещен ряд последовательных циклоноподобных сосудов. Мука подается в подогреватель сверху, а навстречу ей снизу подаются дымовые газы из цементной печи, которые и нагревают эту муку перед подачей ее в печь. От дымовых газов она отделяется в циклоне, из которого падает в следующую ступень. Поскольку мука подается в печь при более высокой температуре, чем при использовании обычных длинных печей сухой кальцинации, длина печи может быть уменьшена.

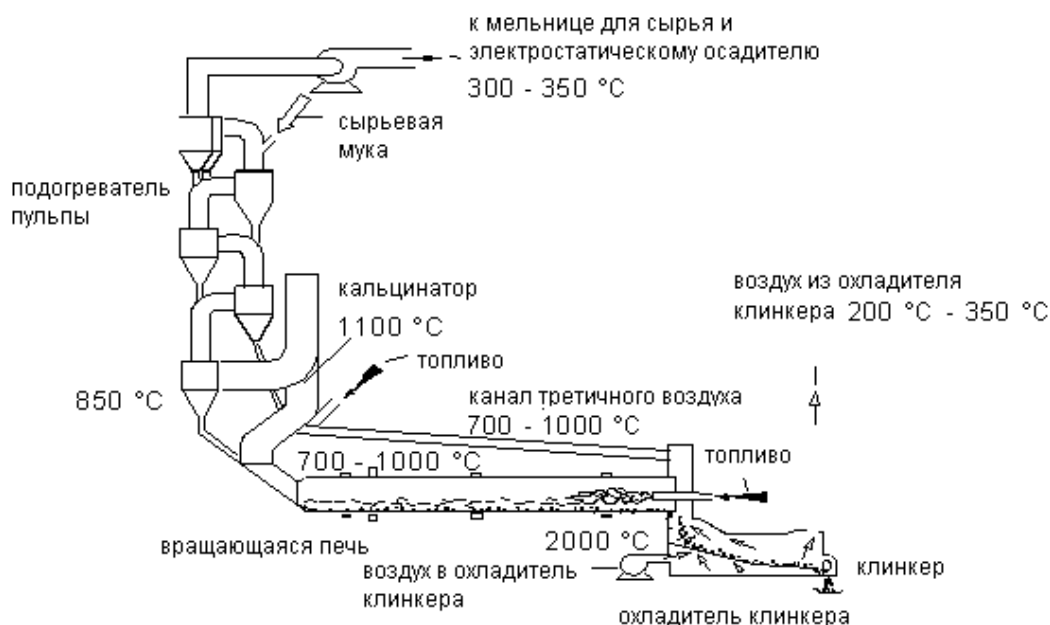
В системах с предварительным подогревом часто требуется удалять такие нежелательные компоненты, как некоторые щелочные вещества. Для этого используются байпасные системы, размещаемые между башней подогревателя и входным концом печи. Если этого не сделать, щелочные компоненты могут накапливаться в печи, а удаление их осадка со стенок резервуара является трудной задачей и может потребовать остановки печи. Уменьшить эту проблему можно путем отвода части газа с большим содержанием щелочей. Если байпасный канал для них выведен в отдельную дымовую трубу, следует ожидать, что через нее будут выбрасываться в атмосферу те же загрязнители, что из цементной печи.

#### 3.3.1.2 Сухой процесс с предварительным подогревом и прекальцинацией

Этот процесс подобен сухому процессу с предварительным подогревом, но отличается добавлением вспомогательной системы для повышения температуры сырья до подачи его в печь (рис. 2). В нижней части башни предварительного подогрева установлена камера предварительной кальцинации. Основное преимущество использования этой предварительной кальцинации состоит в том, что она повышает производительность печи, поскольку в ней происходит только прокаливание клинкера. При этом уменьшение тепловой нагрузки на зону прокаливания ведет

также к увеличению срока службы огнеупорной футеровки. Однако эта система может потребовать применения байпасной системы для удаления щелочей. И если газы из этой системы выпускаются через отдельную дымовую трубу, они могут нести и выбрасывать в атмосферу те же загрязнители, что и дымовые газы из печи.

**Рис 2. Вращающаяся печь с предварительным подогревателем пульпы и кальцинатором**



### 3.3.2. Полусухой процесс

В полусухом процессе сырьевая смесь брикетуется с 12...14% воды и подается в предварительный подогреватель с колосниковой решеткой, установленный перед печью, или в длинную печь с крестовинами, на которых брикеты подсушиваются и частично кальцинируются горячими дымовыми газами печи, а уже оттуда подаются во вращающуюся печь.

### 3.3.3. Полумокрый процесс

В полумокром процессе сырьевые материалы (часто с высоким содержанием влаги) перемалываются в воде до образования пульпы, которая затем обезвоживается на фильтр-прессах. Осадок с этих прессов экструдирован с образованием брикетов, а те подаются либо в предварительный подогреватель с колосниковыми решетками, либо прямо в сушилку для получения сырьевой смеси.

### 3.3.4. Мокрый процесс

В мокром процессе исходное сырье (часто с большим содержанием воды) размалывается в воде для получения пульпы, которую можно перекачивать насосами. Эта пульпа подается либо прямо в печь, либо в сушилку. Мокрый процесс – это самый старый процесс, применяемый в случае мокрого измельчения сырья. Он требует большего количества энергии, чем сухой процесс, поскольку энергия необходима для испарения воды из пульпы.

### **3.4. Процессы перемалывания цемента**

Клинкер перемалывается с гипсом и другими добавками (обычно на шаровой мельнице) до получения конечного продукта – цемента. Далее цемент из цементной мельницы перемещается в крупноразмерные вертикальные бункеры в цехе отгрузки готовой продукции. Из бункеров хранения цемент извлекается при помощи разных устройств и подается в загрузочные блоки или непосредственно в транспортирующие машины.

### **3.5. Контроль выбросов**

Как правило, для улавливания частиц современные цементные печи оснащаются электростатическими осадителями или тканевыми фильтрами, либо и теми, и другими. В некоторых случаях перед подачей в эти устройства дымовые газы охлаждаются. Устройства контроля кислых газов на цементных печах обычно не используются, поскольку сырье для печей высоко щелочное и само в значительной степени поглощает кислые газы (Karstensen 2006b), хотя, если содержание серы в сырье велико, некоторые печи оснащаются мокрыми скрубберами.

Методы сокращения  $\text{NO}_x$  являются, в основном, сочетанием таких мер, как охлаждение пламени, конструкция печи, поэтапное сгорание или селективное некаталитическое восстановление путем впрыскивания аммиака.

## **4. Горение**

### **4.1 Использование традиционного топлива**

Традиционно используемыми в цементных печах видами топлива являются ископаемые топлива, такие как уголь, лигнит, топочный мазут или природный газ. Эти виды топлива могут использоваться отдельно или в комбинации, в последнем случае необходимо обеспечить минимальное качество (с точки зрения теплотворной способности, содержания тяжелых металлов и серы). Некоторые ископаемые топлива (например, уголь) перемалываются в мельницах до использования в печи.

Для бесперебойной работы печи, производства однородного клинкера и достижения полного сгорания необходимо учитывать некоторые важные критерии кондиционирования топлива. Окисление компонентов топлива происходит быстрее, если топливо хорошо перемешивается и его удельная поверхность больше. В случае жидкого топлива требуется тщательное смешивание с другими видами топлива, используемыми одновременно с жидким. Это требование не обязательно, если материал является однородным и единообразным.

Цементный завод потребляет 3000 – 6500 MJ (не включая электричество и транспортировку) на тонну производимого клинкера, в зависимости от сырья и технологического процесса. Большинство цементных печей сегодня работают на угле и нефтяном коксе в качестве основного топлива и в меньшей степени используют природный газ и мазут. Кроме выделения энергии, некоторые виды топлива при прогорании оставляют золу, содержащую оксиды кремния и алюминия (а также иные микроэлементы). Эти компоненты соединяются с сырьевым материалом в печи, определяя структуру клинкера и входя составной частью в конечный продукт. Энергетические затраты обычно составляют 30-40% общих издержек производства. Ниже перечислены различные виды используемого в печах топлива в порядке их важности:

- Угольная пыль и пыль нефтяного кокса
- Тяжелое нефтяное топливо (мазут);
- Природный газ

Подавать топливо в печь можно через:

- главную топку на выходном конце вращающейся печи,
- питающий желоб промежуточной камеры на входном конце вращающейся печи (кусковое топливо),
- вспомогательные топки в вертикальной трубе,



- топки в прекальцинаторе,
- питающий желоб прекальцинатора/предварительного подогревателя (кусковое топливо)
- затвор в средней части длинной печи сухого или мокрого процесса (кусковое топливо)

В зависимости от эксплуатационных условий – и однозначно в случае ненадлежащей эксплуатации установки – могут происходить значительные выбросы полихлорированных дибензо-п-диоксинов (ПХДД) и полихлорированных дибензофуранов (ПХДФ). При надлежащей эксплуатации установки выбросы ПХДД/ПХДФ должны быть значительно ниже 0,1 нг ТЕQ/м<sup>3</sup>.

#### 4.2 Сжигание отходов или опасных отходов

При выборе отходов и материалов для сжигания должны учитываться такие дополнительные взаимосвязанные факторы, как:

- влияние на выбросы CO<sub>2</sub> и потребление топлива;
- влияние на стоимость топлива;
- влияние на прочие выбросы, такие как NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, твердые частицы, иные CO<sub>3</sub>, тяжелые металлы, CO, органические вещества;
- влияние на добычу и карьерные работы;
- стабильность работы печи (на которую влияют такие факторы, как теплота сгорания и содержание влаги);
- влияние на качество продукции (например, ограничение содержания хлора в цементе до уровня < 0.1%).

Требования к качеству продукции, в частности, ограничение содержания хлора в цементе до уровня ниже 0.1%, накладывают ограничения на параметры горения (растопливания), при этом также необходим мониторинг содержания хлора в поступающих материалах.

##### 4.2.1. Примеры видов отходов и альтернативных видов топлива

В ряде стран замена ископаемого топлива альтернативным стала широко распространенной практикой. В ряде стран отходы используются в качестве альтернативного топлива почти 30 лет и некоторые национальные правительства активно продвигают такой подход, при условии соблюдения жестких нормативов в отношении контроля загружаемых отходов, технологических процессов и выбросов. Однако в других странах законодательство и заинтересованные стороны рассматривают этот подход с тех же позиций, что и сжигание. В тех странах, где данная практика является устоявшейся, обращается особое внимание на то, какие материалы наиболее пригодны для использования в цементных печах (CSI 2005). Такие материалы включают:

- изношенные шины;
- мясо, костная мука, животный жир;
- пластики;
- импрегнированные опилки;
- древесина, бумага, картон, упаковка;
- осадок сточных вод (отходы бумажного производства, стоки);
- сельскохозяйственные и органические отходы;
- сланец, горючий сланец;
- угольная пульпа;
- остатки дистилляции;
- тонкодисперсные фракции угля или кокса/анодов/химических коксов;

- отработанные масла, вода с содержанием масел;;
- отработанные растворители.

Важно контролировать параметры отходов (теплотворную способность, содержание влаги, содержание золы, содержание хлора, содержание тяжелых металлов).

#### **4.2.2. Список отходов, не пригодных для сжигания в цементных печах**

Совместное сжигание должно применяться только, если выполняются не какие-либо отдельные, но все наличествующие условия и требования экологических, социально экономических, операционных критериев, а также критериев охраны здоровья и безопасности. Соответственно, не все виды отходов пригодны для совместного сжигания. Ниже приводится список отходов, не рекомендуемых для совместного сжигания в цементных печах:

- Ядерные отходы;
- Отходы электронной аппаратуры;
- Взрывчатые вещества;
- Неорганические кислоты;
- Отходы, содержащие асбест;
- Отходы, содержащие высокие концентрации цианида;
- Инфицированные медицинские отходы;
- Химическое или биологическое оружие;
- Целостные аккумуляторы;
- Несортированные бытовые отходы или иные отходы неизвестного состава.

Отходы электронной аппаратуры состоят из компьютеров и компьютерных аксессуаров, электронной аппаратуры развлекательного назначения, электронных средств связи, электронных игрушек, а также электронных кухонных приборов или медицинской аппаратуры. В среднем, отходы электронной аппаратуры состоят, с одной стороны, из материалов, вредных для здоровья и окружающей среды, таких как Cl, Br, P, Cd, Ni, Hg, ПХБ и бромированные огнезащитные материалы, причем содержатся они в высоких концентрациях, зачастую превышающих предельные пороговые величины. С другой стороны, отходы электронной аппаратуры имеют высокое содержание редких драгоценных металлов, которые настоятельно рекомендуется рекуперировать. Совместное сжигание пластиковых частей отходов электронной аппаратуры могло бы быть интересной возможностью, но это требует предварительного демонтажа и сортировки таких отходов (по материалам Holcim, 2006).

Вышеозначенный список не является исчерпывающим. В общем, отходы с низкой теплотворной способностью и очень высоким содержанием тяжелых металлов не подходят для сжигания в цементной печи. Твердые бытовые отходы не должны подвергаться совместному сжиганию в цементных печах вследствие их непредсказуемого состава и параметров. Кроме того, отдельные компании, с учетом местных условий, могут расширить список исключений, добавив в него дополнительные позиции.

### 4.2.3. Факторы, значимые при подборе отходов для сжигания в цементных печах

Подбор отходов для сжигания в цементных печах является сложным процессом, на который воздействуют различные факторы, такие как режим эксплуатации печи, характер отходов, общее экологическое воздействие, требуемое качество клинкера и вероятность образования и выбросов химических веществ, перечисленных в Приложении С к Стокгольмской конвенции, а также иных выбросов в окружающую среду. Оператор должен разработать процедуру оценки и приемки различных видов топлива. На основе такой процедуры производится оценка воздействия того или иного топлива на уровень эмиссий, а также оценка возможной потребности в новом оборудовании или технологиях для предотвращения отрицательного воздействия на окружающую среду.

Переменные, подлежащие учету при подборе видов топлива и сырья для сжигания в цементных печах, рассмотрены ниже (CSI 2005):

#### 4.2.3.1. Эксплуатация печи

- Содержание хлора, серы и щелочи: эти материалы могут скапливаться в системе печи, в результате чего может произойти их накопление, засорение печи и нестабильность работы; в результате избытка хлора или щелочи в печи или отводных трубах может формироваться пыль, которую необходимо удалять, рециркулировать или утилизировать надлежащим образом;
- Содержание влаги: высокое содержание влаги может снизить производительность и эффективность системы печи;
- Теплотворная способность (топлива): теплотворная способность является ключевым параметром для расчета энергии, получаемой в результате технологического процесса;
- Содержание золы: содержание золы влияет на химический состав цемента, из-за чего может потребоваться корректировка состава поступающих сырьевых материалов;
- Значимыми являются и такие дополнительные факторы, как перерабатываемая мощность и объем отходящих газов;
- Стабильность эксплуатации (например, пики CO), а также состояние (жидкое, твердое) предварительная подготовка (измельчение, перемалывание) и однородность отходов.

#### 4.2.3.2. Качество клинкера и цемента

- Содержание фосфатов: оно влияет на время схватывания цемента;
- Содержание хлора, серы и щелочи: эти компоненты влияют на общее качество продукции;
- Таллий и хром: эти компоненты значимы для формирования пыли в цементной печи, а также для качества цемента; они также могут вызывать аллергические реакции у чувствительных к этим веществам людей.

#### 4.2.3.3. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу помимо химических веществ, перечисленных в Приложении С

- Высокое содержание серы в сырье и применяемом топливе и отходах: может привести к выбросам SO<sub>2</sub>;
- Контроль выбросов: при устройстве дополнительной отводной системы для щелочных материалов необходимо установить на этой системе надлежащие средства контроля выбросов в атмосферу, аналогичные тем, что устанавливаются на основной дымовой трубе;
- Хлориды в сырье или топливе: могут вступать в реакцию со щелочами, также присутствующими в поступающем материале, с формированием твердых частичек вещества, состоящего из щелочных хлоридов, трудно поддающихся контролю; в некоторых случаях хлориды вступают в реакцию с аммиаком, присутствующем в подаваемом в печь известняке, в результате чего образуются заметные прослойки мелкодисперсного материала, состоящего в основном из хлористого аммония;

- Металлы в топливе или сырье: сырье и топливо всегда содержат металлы в различных концентрациях. Поведение этих металлов в процессе горения зависит от их летучести. Нелетучие металлические соединения остаются в рамках технологического процесса и выходят из печи частью цементно-клинкерной композиции. Полу-летучие металлические соединения частично переходят в газовую фазу при температурах агломерации и конденсируются на сырье в более холодных частях печной системы. Это создает циклический эффект внутри системы печи (внутренние циклы), который нарастает до уровня достижения и сохранения равновесия между материалами на входе и выходе посредством цементного клинкера. Летучие металлические соединения конденсируются на частичках сырья при более низких температурах и могут формировать внутренние или внешние циклы, если не будут выпущены с отходящими газами печи. Таллий и ртуть, а также их соединения, особенно быстро испаряются; несколько менее летучими являются кадмий, свинец, селен и их соединения. (European Commission 2001).
- Концентрация металлов в пыли цементной печи зависит от поступающих материалов и рециркуляции в системе печи. В частности, использование угля и топлива из отходов может повысить уровень содержания металлов в технологическом процессе. Устройства пылеулавливания могут задержать только тяжелые металлы, связанные с твердыми частицами. Уровень улавливания газообразной фракции летучих металлов, таких как ртуть, весьма низок. Поэтому поступление таких компонентов в систему печи должно быть ограничено. Это необходимо принимать во внимание, когда совместному сжиганию подвергаются отходы, содержащие летучие тяжелые металлы, такие как ртуть, свинец или кадмий. При сжигании древесины, обработанной веществами, содержащими медь, хром, мышьяк и т.д., также необходима особая осторожность в отношении эффективности системы очистки дымовых газов.
- Выбор видов топлива может также оказать влияние на выбросы парниковых газов. Например, замена ископаемых видов топлива биомассой приводит к снижению чистых выбросов CO<sub>2</sub>.
- Характер отходов может также повлиять на выбросы NO<sub>x</sub>, в зависимости от состава отходов и содержания в них влаги.

#### 4.2.4. Анализ потоков загружаемого материала

Операторы цементных печей должны разработать критерии по приемке сырья, включая отходы, и должны внедрить процедуру постоянного контроля, включающую следующие позиции:

- Наименование и адрес поставщика, происхождение отходов, объем отходов, содержание влаги и золы, теплотворная способность, концентрация хлоридов, фторидов серы и тяжелых металлов;
- Каждому поставщику материалов должно выставляться требование предоставлять, как изначально, так и через периодические интервалы впоследствии, представительные пробы поставляемого топлива, на основе которых будет произведена оценка этого топлива до его поставки оператору цементных печей;
- Поставщик также должен предоставлять информацию с подробным указанием химических и физических свойств поставляемого топлива, с отдельным указанием факторов воздействия данного топлива на безопасность, здоровье человека и окружающую среду в ходе транспортировки, перевалки и применения;
- Физические и химические параметры предоставляемых образцов должны подвергаться тестированию и проверке на соответствие нормативам.

Необходимо внедрить четкую систему управления и регулирования качеством, включая периодический забор проб и анализ материалов, реально поставляемых на цементный завод, а также обеспечить контроль того, что уровни значимых загрязнителей находятся в пределах установленных нормативов.

#### 4.2.5. Предварительная обработка и хранение отходов, используемых в качестве альтернативного топлива

Условия хранения вторичных топлив зависят от вида материала. В общем случае внимание нужно обращать на сведение к минимуму выбросов загрязнителей и на технические и гигиенические требования.

**Первоначальное хранение:** В соответствии с гигиеническими нормами и правилами, материалы с большим содержанием биологических веществ и высокой влажностью (до 40%) следует хранить в специальных контейнерах. Костную муку следует хранить в полностью замкнутых системах. Поставляется она в контейнерах, содержимое которых выгружается в хранилища с помощью пневматических или механических устройств. Жидкие вторичные топлива (отработанные масла и растворители) следует хранить в специальных емкостях, сконструированных так, чтобы не допускать утечек и взрывов. Следует разработать и претворить в жизнь специальные меры безопасности (с учетом, например, вероятности взрыва).

**Промежуточное хранение** на заводах по кондиционированию топлив имеет целью проверку качества альтернативных топлив после их подготовки. Для такого хранения обычно используются контейнеры.

Первоначальным хранением и подготовкой различных видов отходов для использования их в качестве топлива обычно занимаются поставщики отходов или специальные организации по их подготовке еще до поступления отходов на цементный завод. Такое централизованное решение выгодно оператору цементных печей, поскольку его основной задачей является производство клинкера для изготовления цемента. Однако, в соответствии с надлежащей практикой, такое топливо должно подвергаться проверке качества принимающей стороной. Это значит, что на цементном заводе предварительно рассортированные и обработанные отходы должны только храниться и смешиваться в надлежащих пропорциях для подачи в цементную печь. Поскольку поставки отходов, пригодных для использования в качестве топлива, обычно непостоянны, так как рынки материалов из отходов быстро развиваются, склады и заводы по подготовке отходов желательно с самого начала проектировать как универсальные (Karstensen 2006b). В 2003 году Совет Европы предпринял меры по стандартизации твердых регенерированных топлив на основе неопасных отходов.

Перемешивание отходов с целью достижения соответствия определенным требованиям, приводящее, тем не менее, в результате к сокрытию экологического воздействия вследствие разведения концентраций загрязняющих веществ, не может считаться приемлемой практикой.

#### **4.2.6. Эффективность разложения опасных веществ в отходах**

Совместное сжигание опасных отходов может производиться только при соблюдении определенных требований в отношении контроля поступающих отходов, контроля за технологическим процессом и контроля за выбросами. Одним из значимых в этом контексте технологических параметров является содержание кислорода в отходящих газах. Разрушение органических отходов требует не только высоких температур и длительного времени удержания, но также наличия достаточного количества кислорода, обеспечения надлежащей подачи в печь предназначенных для уничтожения органических веществ, а также надлежащего перемешивания этих веществ с кислородом. При использовании цементных печей в данных целях критически важными являются надлежащая конструкция и эксплуатация печи.

Во многих цементных печах отходы сжигаются на коммерческой основе (т. е. принимаются для сжигания со стороны) и используются для замещения других топлив при производстве портланд-клинкера. Жидкие отходы обычно впрыскиваются с горячего конца печи, а твердые отходы на некоторых заводах вводятся в зону кальцинации. В случае длинных печей это значит, что они должны вводиться в средней части печи, а в печи с предварительным подогревателем или прекальцинатором твердые отходы вводятся обычно на полку питателя в горячей зоне печи.

В случае опасных отходов необходимо обеспечить полное разложение токсичных веществ, в частности соединений галогенов. Отходы, подаваемые в главную топку, разлагаются в зоне первичного горения при температурах свыше 1800° С, а отходы подаваемые во вспомогательную топку, предварительный подогреватель или прекальцинатор, горят при более низких температурах, хотя ожидаемые температуры в зоне горения прекальцинатора превышают 1 000° С.

Летучие компоненты материалов, вводимых через верхний конец печи либо как кусковое топливо, могут испаряться, или подвергаться пиролизу, и выделяться через дымовую трубу несгоревшими, поскольку печь работает в режиме противотока. Порционные отходы, вводимые в средней части печи или в том конце, куда подается сырье, не подвергаются воздействию таких высоких температур, как жидкие отходы, подаваемые с горячего конца печи. В некоторых случаях летучие органические вещества могут выделяться из порции отходов так быстро, что они будут охлаждаться до температур ниже точки воспламенения раньше, чем успеют смешаться с кислородом и воспламениться. При этом будут образовываться продукты неполного сгорания. Датчики CO, устанавливаемые для контроля технологического процесса, могут обнаруживать неполное сгорание, что позволяет принять корректирующие меры.

Опасные отходы, используемые в цементной промышленности в качестве топлива, состоят в основном из органических материалов, но могут содержать и следовые примеси металлов в различном объеме. Чтобы выяснить, способна ли цементная печь эффективно сжигать опасные отходы, необходимо определить судьбу органических соединений в ней.

Проверки содержания органических веществ в выбросах цементных печей при сжигании в них опасных материалов проводятся с 1970-х годов, когда впервые была рассмотрена возможность сжигания опасных отходов в этих печах. Установлено, что эффективность разрушения и удаления таких соединений, как хлористый метилен, четыреххлористый углерод, трихлорбензол, трихлорэтан и полихлорбифенилы (ПХБ) достигает 99,995% и больше (Karstensen 2006b).

Возможность использования цементных печей для сжигания отходов, содержащих ПХБ, исследовалась во многих странах. Ряд испытаний показал, что адекватно сконструированные и эксплуатируемые цементные печи эффективно разрушают и удаляют эти соединения. Законодательство ряда стран требует, чтобы эффективность разрушения ПХБ составляла не менее 99,999% (например, Закон о контроле токсичных веществ США, Федеральные нормативы Канады по обработке и разрушению мобильных ПХБ) при сжигании этих веществ, что можно использовать в качестве стандарта наилучших имеющихся методов в этой области.

## **5. Продукты на входе и выходе технологического процесса**

### **5.1. Общие продукты процесса**

Основными экологическими проблемами, связанными с производством цемента, являются выбросы в атмосферу, потребление энергии и загрязнение грунтовых вод из-за перевалки и хранения пылевидных отходов цементных печей. Сточные воды обычно состоят только из поверхностного стока и охлаждающей воды, так что они не дают существенного вклада в загрязнение грунтовых вод.

Продуктами основного процесса производства цемента являются:

- Основной продукт: Клинкер, который размалывается и далее перемешивается с прочими ингредиентами для получения цемента.
- Дымовые газы печи: Объем дымовых газов от всех типов цементных печей составляет от 1 700 до 2 500 м<sup>3</sup>/Mg (кубических метров на метрическую тонну клинкера при стандартных условиях: 101,3 кПа и 273 К, основа сухого газа). Для систем с подогревателями пульпы и прекальцинаторами объем дымовых газов составляет около 2 000 м<sup>3</sup>/Mg клинкера (сухой газ, 101,3 кПа, 273 К);
- Пыль цементных печей (собираемая пылеулавливающим оборудованием): В США около 64% цементной пыли возвращается в цементные печи, а остальная часть, составляющая примерно 40 кг на тонну клинкера, отправляется на захоронение (WISE 2002; EPA 2000). Компания Holcim, один из крупнейших в мире производителей цемента, в 2001 г. продала или захоронила 29 кг цементной пыли на тонну произведенного клинкера (Web-сайт компании Holcim).
- Непосредственный возврат пыли цементной печи обратно в печь обычно приводит к постепенному увеличению содержания щелочей в получаемой пыли, что может вызвать повреждение футеровки печи, снижение сортности цемента и увеличение выброса пыли в

атмосферу (EPA 1998b), а также увеличению объемов цементной пыли, подлежащих удалению, а также выбросов в воздух вследствие перегрузки и удаления такой пыли (EPA 1998b). В Европе цементная пыль обычно возвращается в печь или добавляется к товарному цементу (Lohse and Wulf-Schnabel 1996). Накапливания щелочи в системе печи можно избежать путем удаления собранной печной пыли или использования щелочного байпаса. В печах, оборудованных подогревателями пульпы и прекальцинаторами, щелочной байпас иногда размещают в башне подогревателя, что позволяет удалить щелочи из системы печи;

- Газ из щелочного байпаса: В некоторых установках, оборудованных щелочным байпасом, газы из него выпускаются в отдельную дымовую трубу, а в некоторых в общую. По данным Агентства охраны окружающей среды США, загрязнители в газах из щелочного байпаса подобны тем, которые выпускаются в основную дымовую трубу цементной печи, так что для тех и других требуется аналогичное оборудование очистки газов и мониторинга (EPA 1999). Для удаления щелочей обычно требуется направлять в байпас больше 10% потока газов (Sutou, Harada and Ueno 2001). Однако сообщалось и о случаях, когда в байпас направлялось 30% потока (Holsiere, Shenk and Keefe 2001).

## 5.2. Потребление энергии

Цементное производство является энергоемким, при этом затраты на потребляемую энергию составляют 30-40% от эксплуатационных расходов (т.е., исключая капитальные затраты). Цементный завод потребляет 3000-6500 MJ топлива на тонну производимого клинкера. Такое высокое энергопотребление характерно для всех типов цементных печей.

Теоретически энергопотребление на процесс горения (включая химические реакции) составляет около 1700-1800 MJ на тонну клинкера. Реальное потребление топливной энергии для различных типов печей находится в следующем диапазоне (MJ на тонну клинкера)<sup>3</sup>:

- 3000-3800 для многокамерных печей с сухим процессом, циклонным нагревателем многоэтапного циклонного подогревателя и прекальцинатором;
- 3100-4200 для вращающихся печей с сухим процессом, оснащенных циклонными подогревателями;
- 3300-4500 для полусухих/полумокрых процессов (печь системы Леполь);
- до 5000 для длинных печей с сухим процессом;
- 5000-6000 для длинных печей с мокрым процессом;
- 3100- до > 6500 для шахтных печей и для специального цемента.

Электропотребление составляет 90-130 кВт.ч на тонну цемента (European Commission 2001). Для оптимизации потребления энергии на существующих заводах можно перейти на сухой процесс с короткими печами и многоступенчатым предварительным подогревом и прекальцинацией. Как правило, сделать это можно только в рамках крупной реконструкции с целью увеличения производственной мощности.

Потребление электроэнергии можно минимизировать путем установки систем управления мощностью и применения энергоэкономного оборудования, например валков высокого давления для измельчения клинкера и приводов изменяемой скорости для вентиляторов.

Энергоэффективность обычно снижается при добавлении большинства выходных очистных устройств, поскольку их функционирование также связано с электропотреблением. Положительно сказываются на расходе энергии некоторые из рассмотренных ниже способов уменьшения выбросов, в частности оптимизация управления процессом.

<sup>3</sup> Раздел CEMBUREAU в Cement & Lime BREF Revision Energy Efficiency; 15 мая 2006

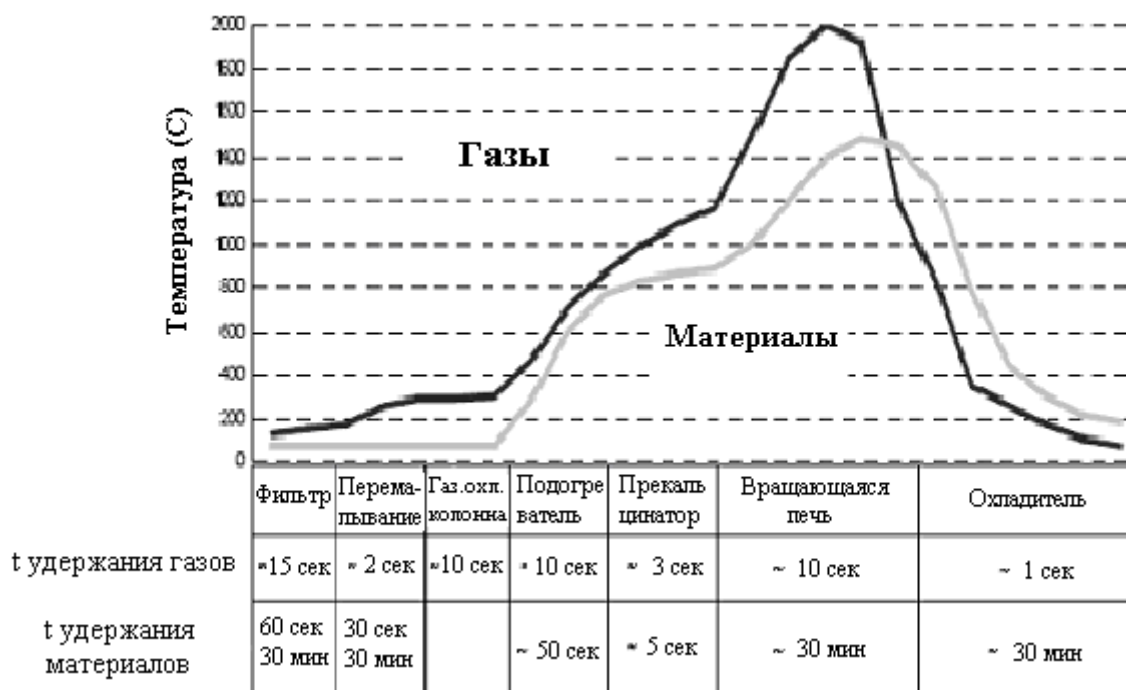
По текущим оценкам считается, что цементная промышленность может снизить энергопотребление на 0,5-2% в год путем замены старого либо устаревшего оборудования. Серьезная экономия энергопотребления возможна при замене старых «мокрых» технологических процессов предприятиями, основанными на новой, «сухой» технологии (CSI 2005).

### 5.3. Выбросы ПХДД и ПХДФ

#### 5.3.1. Образование ПХДД и ПХДФ

Поступление хлора в любом виде в присутствии органических веществ может вызвать образование ПХДД и ПХДФ в ходе высокотемпературных процессов (горения). ПХДД и ПХДФ могут образовываться входе синтеза de novo в предварительном подогревателе или после него, в устройствах контроля загрязнения воздуха, если там присутствуют в достаточных количествах хлор и углеводороды – предшественники ПХДД и ПХДФ из сырья – и диапазон температур составляет 200-450° С. На рисунке 3 приводится температурный профиль для газов и материалов, а также типичное время удержания на каждой стадии пребывания в клинкерной печи с циклонным подогревателем и прекальцинатором (Fabrellas et al. 2004).

**Рисунок 3. Температурные профили и типичные фазы по времени удержания в клинкерной печи с циклонным подогревателем и прекальцинатором**



Источник: Fabrellas et al. 2004.

#### 5.3.2. Исследования выбросов ПХДД и ПХДФ в атмосферу

Подробный обзор по выбросам ПХДД/ПХДФ из цементных печей в развитых и развивающихся странах приводится в (Karstensen 2006). В этом обзоре представлены данные по более чем 2200 замеров на печах, работающих со сжиганием широкого спектра материалов отходов и без такого сжигания, за период с начала 1990-х до недавнего времени. В Таблице 1 приводятся суммарные результаты измерений ПХДД/ПХДФ; некоторые примеры более подробно описаны далее.



Таблица 1. Сводные результаты измерений ПХДД и ПХДФ

Страна или компания	Используются ли альтернативные топлива и сырье?	Концентрации ПХДД и ПХДФ, (нг I-TEQ)/(нм <sup>3</sup> ) <sup>a</sup>	Число измерений	Коэффициент выброса, мкг I-TEQ на тонну цемента <sup>a</sup>
Австралия	Да	0,001-0,07	55	0,0032-0,216
Бельгия	Да	< 0,1	23	
Канада	Да	0,0054-0,057	30	
Чили	Да	0,0030-0,0194	5	
Колумбия	Да	0,00023-0,0031	3	
Дания	Да	< 0,0006-0,0027	?	
Египет	Да	< 0,001	3	
Европа	Да	< 0,001-0,163	230	< 0,001-5
Германия 1989–1996	Да	0,02	> 150	
Германия 2001	Да	< 0,065	106	
Holcim 2001	Да	0,0001-0,2395	71	0,104 (клинкер)
Holcim 2002	Да	0,0001-0,292	82	0,073 (клинкер)
Holcim 2003	Да	0,0003-0,169	91	0,058 (клинкер)
Heidelberg	Да	0,0003-0,44	> 170	
Япония	Да	0-0,126	164	
Lafarge	Да	0,003-0,231	64	
Мексика	Да	0,0005-0,024	3	
Норвегия	Да	0,02-0,13	> 20	0,04...0,40
Филиппины	Да	0,0059-0,013	5	
Польша	Да	0,009-0,0819	7	
Португалия		0,0006-0,0009	4	
RMC	Да	0,0014-0,0688	13	
Siam Cement Co,	Да	0,0006-0,022	4	
ЮАР	(Да)	0,00053-0,001	2	
Испания	Да	0,00695	20	0,014464
Spain Cemex	Да	0,0013-0,016	5	
Spain Cimpor	Да	0,00039-0,039	8	
Taiheiyо	Да	0,011	67	
Таиланд	Да	0,0001-0,018	12	0,00024-0,0045

Страна или компания	Используются ли альтернативные топлива и сырье?	Концентрации ПХДД и ПХДФ, (нг I-TEQ)/(нм <sup>3</sup> ) <sup>a</sup>	Число измерений	Коэффициент выброса, мкг I-TEQ на тонну цемента <sup>a</sup>
Великобритания	Да	0,012-0,423	14	< 0,025-1,2
Uniland		0,002-0,006	2	0,005-0,011
США <sup>b</sup>	Да	0,004-25,8	~265	< 0,216-16,7
Венесуэла	Да	0,0001-0,007	5	
Вьетнам		0,0095-0,014	3	

<sup>a</sup> Представлены либо диапазон значений, либо среднее значение для 10 или 11% O<sub>2</sub> в зависимости от национальных законодательных норм.

<sup>b</sup> Большие значения из США относятся к измерениям 1990-х годов; число измерений указано приблизительно.

Источник: Karstensen 2006b.

В отчете о недавнем обследовании, проведенном Sebureau, представлены результаты измерений ПХДД и ПХДФ в газах 110 цементных печей в 10 странах (Чехии, Дании, Франции, Германии, Венгрии, Италии, Нидерландах, Норвегии, Испании и Великобритании). Средняя концентрация, с учетом всех данных, составила 0,016 нг I-TEQ/м<sup>3</sup>. Диапазон расхождений между низшей и высшей концентрациями составил, соответственно, от <0,001 до 0,163 нг I-TEQ/м<sup>3</sup> (Karstensen 2006b). Все измерения проводились с поправкой на стандартные условия (сухой газ, 273 К, 101,3 кПа и 10% O<sub>2</sub>).

Компания Holcim Cement имеет цементные печи в разных частях мира. В ее недавнем отчете для концентраций ПХДД и ПХДФ в 2001 и 2002 гг. приводятся средние значения 0,041 (71 печь) и 0,030 (82 печи) нг TEQ/н.м<sup>3</sup> соответственно. Из названных печей 120 находятся в странах Организации экономического сотрудничества и развития (Organisation for Economic Co-operation and Development, OECD). Для них среднее, минимальное и максимальное значения составили соответственно 0,0307; 0,0001 и 0,292 нг TEQ/н.м<sup>3</sup>, причем значения больше 0,1 нг TEQ/н.м<sup>3</sup> дали 9 длинных мокрых печей. 29 измерений в странах, не входящих в OECD, дали среднее значение 0,0146 нг TEQ/н.м<sup>3</sup> и минимальное и максимальное значения 0,002 и 0,074 нг TEQ/н.м<sup>3</sup>, причем значений выше 0,1 нг TEQ/н.м<sup>3</sup> не дала ни одна печь (Karstensen 2006b). Результаты измерений ПХДД/ПХДФ приведены в Таблице 1 выше.

Опыт подсказывает, что при относительно высоких температурах в электростатических осадителях и при использовании сырья с высоким содержанием органических компонентов возможны высокие уровни выбросов химических веществ, перечисленных в Приложении С.

В 2004 году выбросы ПХДД/ПХДФ из одной длинной сухой печи в Великобритании достигали 136 нг TEQ/м<sup>3</sup> и составили в среднем более 50 нг TEQ/м<sup>3</sup> за год, а суммарные эмиссии составили более 40 г TEQ. Данная печь, в настоящее время закрытая, эксплуатировалась с относительно высокими температурами в электростатическом осадителе и использовала сырье с высоким содержанием органических составляющих вместе с топливной распыленной золой из отходов<sup>4</sup>.

По данным из США выбросы ПХДД/ПХДФ из нескольких цементных печей составили 1,76 нг I-TEQ/м<sup>3</sup> при эксплуатации устройств контроля воздуха при температурах 200-230° С<sup>5</sup>. Проведенные в США тесты также говорят о более высоких выбросах из некоторых печей, где сжигались опасные отходы.

<sup>4</sup> Сообщение IPEN.

<sup>5</sup> 1 нг (нанограмм) = 1 × 10<sup>-12</sup> килограмм (1 × 10<sup>-9</sup> грамм); нм<sup>3</sup> = нормальный кубический метр, объем сухого газа, измеряемый при 0° С и 101.3 кПа. Данные по измерению токсичности приводятся в параграфе 3 раздела I.C настоящих руководящих принципов.

В исследованиях по США и Германии была установлена положительная корреляция между концентрацией выбросов ПХДД и температурой в электростатическом осадителе/трубе. По данным из США была зарегистрирована одна установка с температурой электростатического осадителя 255-400° С. Выбросы ПХДД были максимальными при 400° С и падали в 50 раз при температуре 255° С. Такая закономерность наблюдалась по всем установкам, вошедшим в исследование. При температурах ниже 250° С на электростатическом осадителе/трубе не было отмечено корреляции между температурой и выбросами ПХДД. Эти наблюдения совпадают с известным механизмом образования ПХДД в установках по сжиганию муниципальных отходов (Karstensen 2006b).

Из более подробных исследований видно, что, при условии хорошего сгорания, главным фактором, контролирующим уровень химических веществ, перечисленных в Приложении С, в дымовых газах, является рабочая температура устройства пылеулавливания в системе газоочистки. На предприятиях, оборудованных электростатическими осадителями, функционирующими при более низких температурах (200° С или ниже), концентрации выбросов ниже, независимо от использования или неиспользования отходов (UNEP 2003).

Lafarge исследовал возможный эффект подачи разных типов отходов в низкотемпературный подогреватель/прекальцинатор, результаты данного исследования представлены в Таблице 2. Отходы, подаваемые в средней части или с загрузочного конца печи, попадают в зону менее высоких температур и имеют меньшее время удержания (пребывания), чем отходы, подаваемые в горячий конец печи. При всех измерениях наблюдаемый уровень концентраций ПХДД/ПХДФ был низким (Karstensen 2006b).

**Таблица 2. Подача отходов в подогреватель/прекальцинатор и воздействие на выбросы ПХДД/ПХДФ**

Завод	Год	Тип альтернативного топлива	Выбросы ПХДД/ПХДФ в нг I-TEQ/нм <sup>3</sup>
1	2002	Костная мука, пластик, текстиль	0,0025
2	2002	Костная мука, импрегнированные опилки	0,0033
3	2002	Уголь, пластик, шины	0,0021 & 0,0041
4	2002	Шины	0,002 & 0,006
5	2002	Нефтяной кокс, пластик, отработанное масло	0,001
6	2002	Нефтяной кокс, шелуха подсолнечника, отработанное масло	0,012
7	2002	Обрезки шин	0,004 & 0,021
8	2002	Растворители	0,07
9	2002	Импрегнированные опилки и растворители	0,00003 & 0,00145
10	2002	Растворители	0,00029 & 0,00057
11	2002	Шлам	< 0,011
12	2002	Автомобильные отходы и шлам	0,0036 & 0,07 & 0,0032

Из приведенных данных видно, что цементные печи могут функционировать в рамках уровня выбросов в 0,1 нг I-TEQ/нм<sup>3</sup>, установленного как предельно допустимый законодательством многих западноевропейских стран по установкам для сжигания опасных отходов.

#### 5.3.4. Исследование выбросов ПХДД/ПХДФ через твердые материалы

Поскольку данные о дымовых выбросах цементных печей говорят о том, что на хорошо спроектированных и адекватно эксплуатируемых печах могут достигаться очень низкие

концентрации ПХДД/ПХДФ в дымовых газах, можно ожидать, что на таких печах будут также низкие уровни загрязнителей в печной пыли, улавливаемой системами по очистке воздуха. Те же факторы, какие влияют на снижение уровней загрязнителя в отходящих газах, должны быть значимы для снижения концентраций таких загрязнителей в улавливаемом твердо-частичном материале. Два основных вида твердых материалов, получаемых в ходе производства цемента – это цементный клинкер из охладителя и пылевые материалы, улавливаемые воздухоочистными устройствами.

Новый сбор материалов анализов твердых частиц был произведен среди цементных компаний, участвующих в Cement Sustainability Initiative (CSI) (Karstensen 2006b). Восемь компаний сообщили о концентрациях ПХДД/ПХДФ в цементно-клинкерной пыли в 2005 году. Результаты по 90 образцам дали среднее значение в 6,7 нг I-TEQ/кг, при этом на среднее значение повлияли очень высокие уровни, зарегистрированные в некоторых образцах. Максимальная концентрация среди полученных образцов составила 96 нг I-TEQ/кг.

В 2005 году восемь компаний CSI предоставили данные о концентрации ПХДД/ПХДФ в 57 клинкерных образцах. Средняя величина по всем образцам составила 1,24 нг I-TEQ/кг. Данные клинкерные образцы поступали из сухих и мокрых печей с подогревателем. Наивысшая концентрация составила 13 нг I-TEQ/кг.

Две компании CSI в 2005 году предоставили данные по концентрациям ПХДД/ПХДФ в 11 образцах загружаемого в печь материала, состоящего из сырьевой смеси, окатышей, пульпы и сырьевых компонентов. Среднее значение по этим образцам составило 1,4 нг I-TEQ/кг. Образцы поступали из сухих и мокрых печей с подогревателем. Наивысшая концентрация составила 7,1 нг I-TEQ/кг.

#### **5.4. Выбросы ПХБ и ГХБ**

Законодательство до сих пор не требует мониторинга гексахлорбензола (ГХБ) и ПХБ на цементных заводах. Большинство проводившихся измерений не выявили выбросов ГХБ. Что же касается выбросов ПХБ, то в 40 измерениях, проведенных на 13 печах в Германии в 2001 г., максимальное значение концентрации составило 0,4 мкг/нм<sup>3</sup>, а в 9 из этих 40 измерений ПХБ вообще не были обнаружены. Во Вьетнаме при совместном сжигании пестицидов были зарегистрированы выбросы диоксиноподобных ПХБ на уровне 0,001 нг TEQ/м<sup>3</sup> и ГХБ ниже предела обнаружения в 31 нг/м<sup>3</sup> (Karstensen 2006b).

### **6. Наилучшие имеющиеся методы и наилучшие виды природоохранной деятельности**

В последующих параграфах приводится сводка наилучших имеющихся методов и наилучших видов природоохранной деятельности для цементных печей, в которых сжигаются опасные отходы.

## **6.1. Общие меры регулирования отходов**

### **6.1.1. Законодательные аспекты**

Необходимо создать надлежащую законодательную и нормативно-правовую систему для обеспечения соблюдения принятых мер и гарантий действенной экологической защиты.

Более того, должен быть установлен такой режим управления отходами, который бы строго соответствовал иерархии управления отходами, приведенной в Разделе III С (ii). Этот режим должен быть внедрен до принятия или одновременно с принятием решения о санкционировании сжигания в цементных печах опасных отходов, будь то в виде топлива из отходов, или отходов для уничтожения. В процесс принятия решения о таком санкционировании должны быть вовлечены все надлежащие органы власти, а оператор цементного завода должен будет, среди прочего, предпринять следующие меры:

- создать и поддерживать атмосферу доверия путем открытого, последовательного, ответственного и постоянного обмена информацией с органами власти и общественностью;
- предоставлять всю необходимую информацию для того, чтобы соответствующие ведомства могли оценить безопасность и экологическое воздействие процессов переработки опасных отходов;
- создать консультативные советы общественности еще на ранних этапах планирования процесса;
- применительно к данному разделу надлежащим руководством по НВПД могут служить руководящие правила CSI и Holcim.

### **6.1.2. Экологические аспекты**

Совместное сжигание опасных отходов должно производиться только, если цементная печь эксплуатируется согласно наилучшим имеющимся методам, описанным в настоящем руководстве. Если будут выполнены определенные требования по качеству отходов и процедуре подачи отходов в печь, совместное сжигание отходов не изменит значимым образом характер дымовых выбросов цементной печи. Однако некоторые виды топлива могут содержать обладающие высокой летучестью металлы, такие как ртуть, имеющие низкий коэффициент улавливания. Для контроля за выбросами ртути необходимо ограничить объем поступающей в систему печи ртути. Альтернативные виды топлива должны подвергаться жесткой процедуре приемки и инспектирования до отправки их в печь.

Мониторинг выбросов является обязательной мерой подтверждения соответствия существующим законам, нормативам и соглашениям.

### **6.1.3. Эксплуатационные аспекты**

Операторы должны обеспечить систему, при которой опасные отходы будут приниматься только от надежных партнеров, учитывая всех участников в цепочке поставок. До приема отходов на завод должно быть подтверждено происхождение отходов по всей цепочке, при этом в приемке несоответствующих отходов должно быть отказано.

Необходим эффективный мониторинг транспортировки, перевалки и хранения материалов, а также подтверждение полного соответствия существующим нормативно-правовым требованиям. Эта процедура включает анализ и предоставление отчетности по таким параметрам, как теплотворная способность, содержание влаги, содержание золы, содержание серы и хлора. Полученные образцы должны храниться в течение определенного периода времени.

### **6.1.4. Аспекты безопасности и охраны здоровья**

Необходимо произвести оценку безопасности производственной площадки для исключения рисков, связанных с ее местоположением (близость к человеческому жилью, потенциальное воздействие выбросов, логистика, транспорт) и инфраструктурой (потенциальные запахи и выбросы паров, либо возможность утечек, в результате которых может произойти выброс в

окружающую среду опасных отходов или иных опасных веществ, для чего требуется контроль с применением адекватных технических решений).

Обязательным является ведение надлежащей документации и наличие информации по безопасному обращению с топливом, полученным из отходов, эксплуатационным процедурам и мерам действий в чрезвычайных ситуациях. Управленческий персонал предприятия должен открыто и прозрачно информировать рабочих о мерах и нормативах по безопасности и охране здоровья. Важно, чтобы сотрудники, контролирующие органы и руководство местных служб действий в чрезвычайных ситуациях (например, пожарной части) получили такую информацию задолго до того, как цементный завод приступит к сжиганию в печах отходов, включая опасные отходы.

#### **6.1.5. Вопросы оповещения общественности и социальная ответственность**

В интересах открытости и прозрачности операторы цементных заводов, планирующие получать и подвергать совместному сжиганию отходы, включая опасные отходы или топливо из отходов, должны предоставить всю необходимую информацию всем заинтересованным сторонам для того, чтобы обеспечить возможность понимания ими целей использования опасных отходов в цементных печах, а также известить их о мерах, которые будут предприняты для предотвращения негативного воздействия на людей и окружающую среду, а также о функциях участвующих сторон и процедурах принятия решений. При этом должны приниматься во внимание следующие общие аспекты управления:

- Общая инфраструктура, мощность, вентиляция.
- Надлежащая административно-хозяйственная деятельность на участке и предприятии.
- Общий мониторинг основных параметров производственного процесса и управление ими.
- Контроль и уменьшение выбросов в атмосферу ( $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$ , частиц, металлов).
- Развитие концепции экологического мониторинга (введение стандартных протоколов мониторинга).
- Разработка систем проверки и отчетности.
- Внедрение конкретных систем выдачи разрешений и контрольных проверок в отношении использования отходов и альтернативных видов топлива.
- Проведение измерений, демонстрирующих способность существующих установок уложиться в установленные предельные нормы выбросов.
- Меры по обеспечению охраны труда и техники безопасности: должны быть предусмотрены меры, обеспечивающие защиту персонала, работающего на загрузке отходов или альтернативных видов топлива, которые подаются для сжигания в цементные печи.
- Надлежащее обучение персонала и обеспечение его требуемой квалификации.

### **6.2. Конкретные меры**

Для новых заводов и заводов, подвергаемых коренной реконструкции, наилучшими имеющимися методами производства цементного клинкера считаются применение сухого процесса в печах с многоступенчатым предварительным подогревом и прекальцинацией. На существующих заводах может потребоваться та или иная степень реконструкции.<sup>6</sup>

#### **6.2.1. Основные меры и оптимизация технологического процесса**

##### **6.2.1.1. Оптимизация технологического процесса**

---

<sup>6</sup> При использовании известняка в качестве сырья применим только сухой процесс. В случае переработки мела можно использовать предварительный подогрев и прекальцинацию с высушиванием меловой пульпы в распылительной сушилке перед подачей в процесс.

- Обеспечение быстрого охлаждения дымовых газов печи до температур ниже 200 °С.
- Определение параметров хорошей эксплуатации и использование их в качестве основы для улучшения других эксплуатационных характеристик. Определив должные эксплуатационные параметры печи, следует задать эталонные данные путем добавления контролируемых порций отходов, наблюдения вызываемых этим изменений и определения требуемых мер и практики для уменьшения выбросов.
- Управление технологическим процессом работы печи для обеспечения и поддержания стабильности рабочих условий, например, путем оптимизации управления процессом (включая применение компьютерных автоматизированных систем управления) и применение современных гравитационных систем подачи твердого топлива.
- Минимизация потребления энергии топлива путем возможно более полного применения предварительного подогрева и прекальцинации, рассмотрения существующих конфигураций систем печей, использования современных охладителей клинкера, обеспечения максимальной рекуперации тепла дымовых газов.

Контроль химических веществ, перечисленных в Приложении С: Косвенные меры контроля этих веществ являются важной составной частью общей концепции ограничения выбросов. Такие меры имеют общую применимость и не требуют сложных технических решений.

#### **6.2.1.2. Подготовка опасных отходов**

Предварительная подготовка отходов, включая опасные отходы, с целью улучшения их однородности и повышения стабильности условий горения может, в зависимости от вида полученного из отходов топлива, включать в себя сушку, измельчение, смешивание и размол (см. также раздел 3.4). Важно обращать серьезное внимание на:

- Хорошее обслуживание, ведение хозяйственной деятельности и внедрение технологических процедур, обеспечивающих безопасную приемку, перевалку и хранение отходов по прибытии их на производственную площадку, а также наличие должным образом спроектированных помещений для временного хранения с учетом опасности и характеристик каждого вида отходов;
- Хорошее обслуживание, ведение хозяйственной деятельности и внедрение технологических процедур, а также наличие должным образом спроектированных помещений для хранения альтернативных видов топлива.

Эти меры не являются специфическими для контроля веществ, перечисленных в Приложении С как подлежащих сокращению или ликвидации, но являются важной составной частью интегрированной концепции ограничения выбросов.

#### **6.2.1.3. Управление загружаемыми материалами**

- Для поддержания стабильности условий технологического процесса необходимы достаточные долговременные (не меньше месячного) запасы вторичного топлива или отходов.
- Вещества, подаваемые в печь, должны проходить тщательный контроль и отбор; должны быть внедрены нормативы, основанные на характеристиках продукта/процесса либо параметрах выбросов, и должен осуществляться мониторинг соответствия этим нормативам..
- Непрерывная поставка альтернативного топлива с указанием содержания тяжелых металлов, хлора и серы.
- Полученное из отходов топливо никогда не должно применяться при запуске и остановке печи.
- Следует избегать подачи сырьевой смеси, содержащей отходы с органическими компонентами, могущими выступать в качестве предшественников загрязняющих веществ.

- Галогенированные отходы должны подаваться в печь через главную топку.
- В общем, отходы должны подаваться в оснащенные подогревателем/прекальцинатором печи либо через главную топку, либо через вторую топку. При подаче через вторую топку необходимо убедиться, что температура в зоне горения поддерживается на уровне  $> 850^{\circ}\text{C}$  в течение достаточного времени удержания (2 сек).
- Отходы, содержащие органические компоненты, могущие служить предшественниками опасных загрязнителей, не должны подаваться в составе сырьевой смеси.
- Полученное из отходов топливо никогда не должно применяться при запуске и остановке печи.

Контроль химических веществ, перечисленных в Приложении С: Косвенные меры контроля этих веществ являются важной составной частью интегрированной концепции ограничения выбросов. Такие меры имеют общую применимость и не требуют сложных технических решений.

#### **6.2.1.4. Стабилизация параметров технологического процесса**

Для обеспечения должного сгорания и поддержания стабильности процесса необходимо обеспечить:

- Постоянство характеристик топлив (как ископаемых, так и альтернативных).
- Постоянство скорости подачи топлива либо регулярность интервалов подачи загружаемых партиями материалов.
- Поддержание достаточного избытка кислорода для достижения адекватного сгорания.
- Обеспечение мониторинга концентраций СО в отходящих газах и контроля за непревышением установленных уровней вследствие неадекватных условий горения.

Контроль химических веществ, перечисленных в Приложении С: Косвенные меры контроля этих веществ являются важной составной частью интегрированной концепции ограничения выбросов. Такие меры имеют общую применимость и не требуют сложных технических решений.

#### **6.2.1.5. Модификация технологического процесса**

Необходимо тщательно контролировать содержание пыли в отходящих газах (также называемой пылью цементной печи). Во многих случаях пыль можно вернуть в печь, но в тех объемах, в каких это будет практично и позволит избежать излишних выбросов летучих металлов и щелочных солей. Максимальное использование такой рециркуляции может привести к уменьшению объемов пыли, подлежащих удалению. Пыль, которую нельзя вернуть в процесс, необходимо удалять способом, безопасность которого проверена. В зависимости от уровня содержания опасных загрязнителей (например, тяжелых металлов, стойких органических загрязнителей), такая пыль в некоторых случаях может рассматриваться как опасные отходы, в случае чего потребуются специальные меры по перевалке и удалению этих отходов.

Контроль химических веществ, перечисленных в Приложении С: Косвенные меры контроля этих веществ являются важной составной частью интегрированной концепции ограничения выбросов.

#### **6.2.1.6. Основные меры**

Как правило, рассмотренные выше основные меры достаточны для обеспечения уровня выбросов с дымовыми газами ниже  $0,1 \text{ нг I-TEQ/нм}^3$  как на новых, так и на действующих установках. Если же все эти меры не позволяют достичь уменьшения выбросов до указанного уровня, можно рассмотреть применение описанных ниже дополнительных мер.

#### **6.2.2. Дополнительные меры**

Рассматриваемые ниже дополнительные меры обычно применяются для ограничения выбросов других загрязнителей, чем непреднамеренно образуемые стойкие органические загрязнители, но в то же время они также могут способствовать уменьшению выбросов веществ, перечисленных в Приложении С.



### **6.2.2.1. Дальнейшее сокращение выбросов пыли и ее рециркуляция**

Такие меры не приводят к сколько-нибудь значимому снижению уровней химических веществ, перечисленных в Приложении С, в отходящих газах. Соответственно, эффективность данной стратегии снижается с повышением уровня температур в системе улавливания твердых частиц. При переходе от систем без рециркуляции печной пыли к системам с полной рециркуляцией приведет к постепенному изменению химического состава пыли с повышением щелочного содержания, что повлечет за собой эксплуатационные проблемы; некоторая часть собранной пыли должна будет удаляться, а при высоком уровне рециркуляции такая пыль, скорее всего, будет обогащена полуволучими и летучими тяжелыми металлами, что потребует особых процедур перевалки и безопасного удаления на предприятии, специально сконструированном для обработки или хранения опасных отходов. Такой подход имеет общую применимость; техническая сложность его внедрения умеренна; хорошо обеспечивается улавливание перечисленных в Приложении С химических веществ, связанных с твердыми частицами.

Вращающиеся печи обычно оснащаются электростатическими осадителями вследствие относительно высоких температур отходящих газов. Также используются тканевые фильтры, особенно на подогревателях, где температуры отходящих газов ниже.

Шахтные печи обычно оснащаются тканевыми фильтрами. Иногда применяются мокрые скрубберы. На установках по измельчению извести устанавливаются тканевые фильтры для сбора продукции и обеспыливания отходящего воздуха. Гидратационные установки, на которых отходящие газы насыщены водяными парами при 90° С, обычно оснащаются мокрыми скрубберами, хотя все чаще используются тканевые фильтры там, где поступающий известняк имеет высокую реакционную способность.

По данным ЕС (European Commission 2001) твердые частицы из точечных источников могут эффективно удаляться путем применения:

- Электростатических осадителей с устройствами контроля и срочных замеров для контроля СО.
- Тканевых фильтров с мульти-секторной очисткой и детекторами разрывов.

Уровни выбросов, соответствующие наилучшим имеющимся методам, составляют 20-30 мг пыли/м<sup>3</sup> в среднем в сутки. Такой уровень может быть достигнут при установке электростатических осадителей или тканевых фильтров на различных цементных печах.

### **6.2.2.2. Впрыскивание активированного угля**

При использовании тканевых фильтров для улавливания твердых частиц возможно достигать высокой эффективности улавливания металлов и органических соединений посредством впрыскивания порошкового активированного угля перед входом в тканевый фильтр. Улавливание загрязнителей происходит вследствие адсорбции на поверхности дисперсных углеродных частиц в потоке отходящих газов, а также при прохождении газов через фильтрационный кек, формируемый на внутренней поверхности тканевых мешков. Для успешного применения этого метода критически важны низкие рабочие температуры, поскольку температуры в диапазоне de пово синтеза активированного угля (250-400° С) могут служить источником углерода для образования ПХДД/ПХДФ. Активированный уголь также обладает лучшей способностью адсорбции металлов и ПХДД/ПХДФ при температурах ниже 200° С. В то же время, температура должна поддерживаться выше точки росы для отходящих газов с тем, чтобы избежать конденсации и герметизации мешков. Обычно применяется рабочая температура около 160° С, хотя при тщательном мониторинге можно удерживать и более низкие уровни. Контроль температуры обычно достигается путем испарительного охлаждения и уголь обычно впрыскивается в испарительном охладителе или сразу после него. Следует отметить, что при возврате цементной печной пыли в печь такая методика не будет высоко эффективной для контроля за выбросами ртути, поскольку собранная ртуть будет высвобождаться в печи и для достижения адекватного контроля придется отправлять на удаление значительную часть потока цементной печной пыли.

Данная методика имеет общую применимость для контроля химических веществ, перечисленных в Приложении С к Стокгольмской конвенции, с высокой эффективностью улавливания (более 90%) при надлежащей оптимизации рабочих температур; требования к технической реконструкции минимальные или умеренные; данная технология больше подходит к возможностям модернизации существующего предприятия, чем две нижеследующие технологии.

#### **6.2.2.3. Фильтры с активированным углем**

Фильтрация с использованием активированного угля характеризуется высокой эффективностью удаления некоторых загрязнителей (> 90% в среднем; > 99% для некоторых веществ). Адсорбция на активированном угле позволяет удалять такие загрязнители, как сернистый газ ( $\text{SO}_2$ ), органические соединения, металлы, аммиак ( $\text{NH}_3$ ), соединения аммония ( $\text{NH}_4^+$ ), хлористый водород ( $\text{HCl}$ ), фтористый водород ( $\text{HF}$ ) и остаточную (после электростатического осадителя или тканевого фильтра) пыль. На цементных заводах Европы фильтр с активированным углем установлен только в Зиггентале (Швейцария) на печи производительностью 2 000 т клинкера в сутки с 4-ступенчатым циклонным предварительным подогревателем. Измерения показали его высокую эффективность в отношении  $\text{SO}_2$ , металлов, ПХДД и ПХДФ (European Commission 2001).

Контроль выбросов химических веществ, перечисленных в приложении С: Общая применимость, техническая сложность реализации.

#### **6.2.2.4. Избирательное каталитическое восстановление**

Системы избирательного каталитического восстановления применяются в основном для ограничения выбросов  $\text{NO}_x$ . В этом процессе  $\text{NO}_2$  и  $\text{NO}$  восстанавливаются до  $\text{N}_2$  с использованием  $\text{NH}_3$  как восстанавливающего агента в присутствии надлежащего катализатора при температуре около 300-400° С, что требует подогрева дымовых газов из стандартной цементной печи. Только часть катализаторов, способных к восстановлению окислов азота, подходят также для разрушения загрязнителей из Приложения С, таких как ПХДД/ПХДФ. Пока этот метод избирательного каталитического восстановления для ограничения выбросов  $\text{NO}_x$  опробован только на системах с предварительным подогревателем и системах с полусухими печами (Lerol), но может оказаться применимым и на других печах (European Commission 2001). Относительно высокая стоимость капитальных вложений, а также значительные издержки на энергопотребление для подогревания дымовых газов могут сделать его экономически неоправданным для применения в широких масштабах. Первый полномасштабный завод, на котором применен этот метод (Solnhofen Zementwerke), работает с конца 1999 г. (IPTS 2004).

Контроль выбросов химических веществ, перечисленных в приложении С: Техническая сложность реализации и высокие капитальные/операционные издержки; возможность отличного контроля за выбросами химических веществ, перечисленных в Приложении С, при использовании надлежащего катализатора.

#### **6.2.2.5. Впрыскивание активированного угля, новая технология**

Впрыскивание порошкообразного активированного угля перед пылеулавливающим фильтром может быть эффективным для удаления металлов и органических соединений. Однако, следует отметить следующие моменты:

- Для успешного применения этой технологии критически важны низкие рабочие температуры <160° С.
- В то же время, температура должна поддерживаться выше уровня кислотной точки росы во избежание конденсации или коррозии.
- В случае, если печная пыль возвращается в печь для рециркуляции, как это обычно делается, данная технология не будет эффективна для контроля за выбросами ртути, поскольку ртуть будет снова высвобождаться в печи.
- Не было получено подтверждений эффективности применения данной технологии впрыскивания углерода для контроля выбросов ПХДД/ПХДФ из цементных печей; эта технология применялась только на установках для сжигания бытовых отходов.

## 7. Требования к эксплуатационным характеристикам, основанные на наилучших имеющихся методах

Основанные на наилучших имеющихся методах эксплуатационные требования по содержанию ПХДД и ПХДФ в дымовых газах составляют менее 0,1 нг I-TEQ/нм<sup>3</sup> при нормативных условиях 273 К, 101,3 кПа, 11% O<sub>2</sub>, сухая газовая основа.

## 8. Мониторинг выбросов загрязнителей и эксплуатационных параметров

Для управления технологическим процессом в цементной печи рекомендуется непрерывное измерение следующих параметров (European Commission 2001):

- давления,
- температуры,
- содержания O<sub>2</sub>,
- содержания NO<sub>x</sub>,
- содержания CO и, возможно, SO<sub>x</sub>, если содержание окислов серы велико
- SO<sub>2</sub>, (разрабатывается метод оптимизации CO с помощью NO<sub>x</sub> и SO<sub>2</sub>).

Кроме того, необходимо обеспечить контроль содержания ртути (при высоком содержании ртути в отходах).

Наилучшим имеющимся методом для получения точных количественных оценок выбросов является проведение непрерывных измерений следующих параметров (если за точкой измерений, используемых для управления технологическим процессом, значения этих параметров могут изменяться, может потребоваться повторное измерение):

- объема отходящих газов (он может быть рассчитан, но некоторые считают этот расчет слишком сложным),
- влажности,
- температуры на входе устройства для улавливания частиц,
- пыли/частиц,
- O<sub>2</sub>,
- NO<sub>x</sub>,
- Пыли,
- SO<sub>2</sub>,
- CO.

Наилучшим имеющимся методом является регулярный периодический контроль следующих веществ:

- металлов и их соединений,
- общего органического углерода/органических соединений,
- HCl, HF,
- NH<sub>3</sub>,
- ПХДД и ПХДФ

Время от времени, при особых условиях работы, могут понадобиться следующие измерения:

- эффективности разрушения и удаления стойких органических загрязнителей в случае их уничтожения в цементных печах,
- содержания бензола, толуола и ксилола,
- содержания полициклических ароматических углеводородов,
- содержания других органических загрязнителей (основных опасных органических соединений, например, хлорбензолов, ПХБ и родственных им соединений, а также хлорнафталинов).

При использовании в качестве сырья или топлива отходов с высоким содержанием металлов особенно важно измерять содержания металлов.

## Ссылки на литературу

Basel Convention Secretariat. 2005. *General Technical Guidelines for the Environmentally Sound Management of Wastes Consisting of, Containing or Contaminated with Persistent Organic Pollutants (POPs)*. Basel Convention on the Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes and Their Disposal, UNEP, Geneva.

Cembureau. 2004. *Guidelines on Co-Processing of Waste Materials in Cement Production*. Cembureau, Brussels, Belgium.

CEN (European Committee for Standardization). 1996a. "EN 1948-1: Sampling." Part 1 of *Stationary Source Emissions: Determination of the Mass Concentration of PCDDs/PCDFs*. CEN, Brussels, Belgium.

CEN (European Committee for Standardization). 1996b. "EN 1948-2: Extraction and Clean-up." Part 2 of *Stationary Source Emissions: Determination of the Mass Concentration of PCDDs/PCDFs*. CEN, Brussels, Belgium.

CEN (European Committee for Standardization). 1996c. "EN 1948-3: Identification and Quantification." Part 3 of *Stationary Source Emissions: Determination of the Mass Concentration of PCDDs/PCDFs*. CEN, Brussels, Belgium.

CSI (Cement Sustainability Initiative). 2005. *Guidelines for the Selection and Use of Fuels and Raw Materials in the Cement Manufacturing Process: Fuels and Raw Materials*. World Business Council for Sustainable Development, Geneva, Switzerland.

de Bas P. 2002. *The Economics of Measurement of Emissions into the Air*. European Measurement Project. Pembroke College, Oxford, UK.

DFIU/IFARE (French-German Institute for Environmental Research). 2002. *Cement/Lime Industry*. Draft Background Document in preparation for 5th EGTEI Panel Meeting, 29 November 2002. [www.citepa.org/forums/egtei/cement\\_lime\\_draft.pdf](http://www.citepa.org/forums/egtei/cement_lime_draft.pdf).

EPA (United States Environmental Protection Agency). 1998a. *Technical Background Document on Control of Fugitive Dust at Cement Manufacturing Facilities*. Draft. EPA, Office of Solid Waste, Washington, D.C.

EPA (United States Environmental Protection Agency). 1998b. *Technical Background Document on Ground Water Controls at CKD Landfills*. Draft. EPA, Office of Solid Waste, Washington, D.C.

EPA (United States Environmental Protection Agency). 1999. *National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants for Source Categories: Portland Cement Manufacturing Industry: Final Rule*. 40 CFR part 63, 14 June 1999. EPA, Washington, D.C.

EPA (United States Environmental Protection Agency). 2000. "Combustion Sources of CDD/CDF: Other High Temperature Sources." Chapter 5, *Exposure and Human Health Reassessment of 2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-p-dioxin (TCDD) and Related Compounds, Part I: Estimating Exposure to Dioxin-Like Compounds*. EPA/600/P-00/001Bb. EPA, Washington, D.C., September 2000.

- European Commission. 2001. *Reference Document on the Best Available Techniques in the Cement and Lime Manufacturing Industries*. BAT Reference Document (BREF). European IPPC Bureau, Seville, Spain.
- Fabrellas B., Larrazabal D., Martinez M.A., Sanz P., Ruizl M.L., Abad E. and Rivera J. 2004. "Global Assessment of PCDD/PCDF Emissions from the Spanish Cement Sector: Effect of Conventional/Alternative Fuels." *Organohalogen Compd.* 66:905–911.
- Holcim. *Sustainable Development: Environmental Performance*. www.holcim.com.
- Holsiepe D., Shenk R. and Keefe B. 2001. *Partners in Progress: A Case Study on Upgrading for the New Millennium, Part I*. Cement Americas. cementtour.cementamericas.com/ar/cement\_partners\_progress\_case\_2/.
- IPTS (Institute for Prospective Technological Studies). 2004. *Promoting Environmental Technologies: Sectoral Analyses, Barriers and Measures*. Draft Report EUR 21002 EN, European Communities.
- Karstensen K.H. 2006a. *Cement Production in Vertical Shaft Kilns in China: Status and Opportunities for Improvement*. Report to the United Nations Industrial Development Organization, 31 January 2006.
- Karstensen K.H. 2006b. *Formation and Release of POPs in the Cement Industry*. Second edition, January 2006. World Business Council for Sustainable Development/SINTEF.
- Lohse J. and Wulf-Schnabel J. 1996. *Expertise on the Environmental Risks Associated with the Co-Incineration of Wastes in the Cement Kiln "Four E" of CBR Usine de Lixhe, Belgium*. Okopol, Hamburg, Germany. www.oekopol.de/Archiv/Anlagen/CBRBelgien.htm.
- Portland Cement Association. *Industry Overview*. www.cement.org/basics/cementindustry.asp.
- Sutou K., Harada H. and Ueno N. 2001. *Chlorine Bypass System for Stable Kiln Operation and Recycling of Waste*. Technical Conference on Cement Process Engineering, 21st Plenary Session of the VDZ Process Engineering Committee, Düsseldorf, Germany, 22 February 2001.
- UNEP (United Nations Environment Programme). 2003. *Standardized Toolkit for Identification and Quantification of Dioxin and Furan Releases*. UNEP, Geneva. www.pops.int/documents/guidance/Toolkit\_2003.pdf.
- WISE (Waste Indicator System for the Environment). 2002. *Volume of Cement Kiln Dust Produced and Reused*. Indicators: Environmental Issue 1, Waste Generation. www.pepps.fsu.edu/WISE/.
- Wulf-Schnabel J. and Lohse J. 1999. *Economic Evaluation of Dust Abatement in the European Cement Industry*. Report prepared for the European Commission DG XI, Contract No. B4-3040/98/000725/MAR/E1. www.oekopol.de/en/Archiv/archiv.htm.

## Прочие источники

- Environment Canada. 1999. *Level of Quantification Determination: PCDD/PCDF and Hexachlorobenzene*. Environment Canada, Environmental Technology Centre, Analysis and Air Quality Division. www.ec.gc.ca/envhome.html.
- Holcim. 2004. *Guidelines on Co-Processing of Waste Material in Cement Production*. Version 6. Cooperation of Holcim and GTZ, December 2004.
- Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen. 1997. *Identification of Relevant Industrial Sources of Dioxins and Furans in Europe*. Commissioned by EC DG XI, LUA-Materialien No. 43. European Dioxin Inventory.
- Marlowe I. and Mansfield D. 2002. *Toward a Sustainable Cement Industry*. Substudy 10: Environment, Health and Safety Performance Improvement. AEA Technology. www.wbcsdcement.org/.
- Stieglitz L., Jay K., Hell K., Wilhelm J., Polzer J. and Buekens A. 2003. *Investigation of the Formation of Polychlorodibenzodioxins/Furans and of Other Organochlorine Compounds in Thermal Industrial Processes*. Scientific Report FZKA 6867. Forschungszentrum Karlsruhe.

## **Раздел V**

**Указания и руководящие принципы по  
категориям источников:**

**Категории источников в Части II Приложения С**

**Категория источников (с):**

**Производство целлюлозы с использованием  
элементарного хлора или образующих  
элементарный хлор химических веществ.**

## Содержание

### V. С. ПРОИЗВОДСТВО ЦЕЛЛЮЛОЗЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕМЕНТАРНОГО ХЛОРА ИЛИ ОБРАЗУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТАРНЫЙ ХЛОР ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

1.	ВВЕДЕНИЕ .....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
1.1	Сырьевые материалы .....	Error! Bookmark not defined.
1.2	Связь технологии и конечной продукции .....	Error! Bookmark not defined.
2.	ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА .....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
2.1	Применяемые методы варки целлюлозы .....	Error! Bookmark not defined.
2.2	Отбеливание .....	Error! Bookmark not defined.
3.	НАИЛУЧШИЕ ИМЕЮЩИЕСЯ МЕТОДЫ ПРОИЗВОДСТВА ЦЕЛЛЮЛОЗЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕМЕНТАРНОГО ХЛОРА .....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
3.1	Основные меры .....	Error! Bookmark not defined.
3.2	Дополнительные меры .....	Error! Bookmark not defined.
4.	АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ПРОЦЕССЫ .....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
4.1	Отбеливание крафт-целлюлозы при полном отсутствии хлора .....	Error! Bookmark not defined.
4.2	Отбеливание не содержащей древесины целлюлозы при полном отсутствии хлора (TCF) .....	Error! Bookmark not defined.
5.	ДОСТИЖИМЫЕ УРОВНИ ВЫБРОСОВ, СООТВЕТСТВУЮЩИЕ НАИЛУЧШИМ ИМЕЮЩИМСЯ МЕТОДАМ И НАИЛУЧШИМ ВИДАМ ПРИРОДООХРАННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ .....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
5.1	Эксплуатационная отчетность .....	Error! Bookmark not defined.
5.2	Эксплуатационные нормативы .....	Error! Bookmark not defined.
	ССЫЛКИ НА ЛИТЕРАТУРУ .....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
	ДРУГИЕ ИСТОЧНИКИ .....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

## Таблицы

Таблица 1. Обычно применяемые при отбеливании способы химической обработки ..... **Error! Bookmark not defined.**

Таблица 2. Сводка существующих эксплуатационных нормативов, применимых к целлюлозным заводам ..... **Error! Bookmark not defined.**

## Рисунки

Рисунок 1. Ликвидация выбросов 2,3,7,8-ТХДФ при росте объемов замещения хлора диоксидом хлора ..... **4.**

Рисунок 2. Типичная схема современного крафт- процесса с отбеливанием без элементарного хлора (ECF) ..... **Error! Bookmark not defined.**

Рисунок 3. Типичная схема получения целлюлозы из пшеничной соломы с использованием системы Pandia для непрерывной варки ..... **Error! Bookmark not defined.**

Рисунок 4. Влияние кратности активного хлора и степени замещения диоксидом хлора на образование 2,3,7,8-ТХДД ..... **Error! Bookmark not defined.**

Рисунок 5. Тенденции в химическом производстве отбеленной целлюлозы: мировые объемы, за исключением Китая и Индии ..... **14**

## **V.C. Производство целлюлозы с использованием элементарного хлора или образующих элементарный хлор химических веществ.**

### **Резюме**

К главным процессам, связанным с изготовлением целлюлозы и бумажных изделий, относятся погрузочно-разгрузочные работы и подготовка (а также консервация недревесных материалов), обдирка древесной коры, измельчение и очистка сельскохозяйственных остатков, удаление узлов, варка целлюлозы, обработка и отбеливание (при необходимости) целлюлозы и, наконец, – изготовление бумаги или картона.

Из химических веществ, перечисленных в Приложении С Стокгольмской конвенции, только ПХДД и ПХДФ определены как вещества, образующиеся при производстве целлюлозы с использованием элементарного хлора. Из 17 конгенов ПХДД и ПХДФ с хлором в положениях 2, 3, 7 и 8 только два конгенера, а именно 2,3,7,8-ТХДД и 2,3,7,8-ТХДФ, определены как вещества, образование которых возможно при химическом отбеливании целлюлозы с использованием хлора. Наибольшая часть 2,3,7,8-ТХДД и 2,3,7,8-ТХДФ образуется на ступени С отбеливания в результате реакции хлора с исходными веществами ПХДД и ПХДФ. В процессе отбеливания целлюлозы ГХБ и ПХБ не образуются.

Могут быть приняты следующие основные меры по уменьшению или устранению образования 2,3,7,8-ТХДД и 2,3,7,8-ТХДФ в процессах отбеливания древесных и недревесных материалов: замена элементарного хлора диоксидом хлора (отбеливание без элементарного хлора) или в некоторых случаях замена полностью свободными от хлора процессами; снижение применения элементарного хлора путем уменьшения кратности хлора или увеличения замены молекулярного хлора диоксидом хлора; сведение к минимуму таких поступающих на установку отбеливания исходных веществ, как дибензо-п-диоксины и дибензофураны, путем использования не содержащих исходных веществ добавок и путем промывки; максимальное удаление сукрутин; избегание варки композиции, загрязненной полихлорированными фенолами.

### **1. Введение**

Настоящий проект руководящих принципов представляет указания по наилучшим имеющимся методам и наилучшим видам природоохранной деятельности применительно к химическому отбеливанию целлюлозы с использованием элементарного хлора или образующих элементарный хлор химических веществ. Предприятие по отбеливанию целлюлозы может формировать выбросы ПХДД/ПХДФ на различных стадиях процесса: в сточных водах, спускаемых в воду или на землю; в выбросах в атмосферу из содорегенерационных котлов (см. раздел VI. Е.); в остатках, направляемых на свалки (см. раздел III. С. (ii) настоящих руководящих принципов).

Химические вещества, перечисленные в Приложении С к Стокгольмской конвенции, включают полихлорированные дибензо-п-диоксины (ПХДД), полихлорированные дибензофураны (ПХДФ), гексахлорбензол (ГХБ) и полихлорированные бифенилы (ПХБ). Из них ни ГХБ ни ПХБ не являются результатом непреднамеренного образования в процессе химического отбеливания целлюлозы. Более того, из 17 конгенов ПХДД/ПХДФ с содержанием хлора в 2,3,7 и 8 позициях и обладающих диоксино-подобной токсичностью, только два – 2,3,7,8-тетрахлордибензо-п-диоксин (2,3,7,8 ТХДД) и 2,3,7,8-тетрахлордибензофуран (2,3,7,8 ТХДФ) потенциально могут формироваться в процессе химического отбеливания целлюлозы. Поэтому любые наилучшие имеющиеся методы и наилучшие виды природоохранной деятельности в контексте химического отбеливания целлюлозы с использованием элементарного хлора или образующих элементарный хлор химических веществ должны быть направлены на сокращение или ликвидацию 2,3,7,8 ТХДД и 2,3,7,8 ТХДФ. Адсорбируемые органические галогенпроизводные соединения (АОХ) не коррелируют с диоксинами или фуранами и поэтому в данном разделе обсуждаться не будут.

В середине 1980-х годов было обнаружено присутствие диоксинов и фуранов в выбросах целлюлозно-бумажных комбинатов, использующих для отбеливания хлор и гипохлорит, что



послужило толчком к интенсивным исследованиям возможностей сокращения или ликвидации таких выбросов. Интенсивные международные исследования показали, что принципиальным механизмом образования 2,3,7,8 ТХДД и 2,3,7,8 ТХДФ является хлорирование соединений-предшественников – дибензодиоксина (ДБД) и дебензофурана (ДБФ), присутствующих в неотбеленной целлюлозе – путем ароматического электрофильного замещения. Образование 2,3,7,8 ТХДФ сокращается при более интенсивном замещении хлора диоксидом хлора, как это показано на Рисунке 1. Вместо молекулярного хлора для отбеливания все шире применяется диоксид хлора (ЕFC – без элементарного хлора) и иные кислородосодержащие химические вещества, такие как молекулярный оксид, перекись водорода и озон (ТСF – полностью безхлорные).

Более 80% всей химической целлюлозы получается в результате крафт- процесса (Gullichsen and Fogelholm 2000). Однако более 10% мирового объема целлюлозы производится из недревесных волокон и в некоторых странах, например в Китае и Индии, недревесные материалы являются значимым источником волокон. В Китае более 24% целлюлозы, используемой в бумажной промышленности, получают из пшеничной соломы, тростника, бамбука и прочих недревесных источников, в то же время, использование таких источников в западных странах крайне незначительно. В среднем, производство целлюлозы из недревесного сырья составляет около одной пятой мирового производства. В 1998 г. 107 целлюлозно-бумажных предприятий скандинавских стран произвели 25 млн. тонн продукции, в то время, как около 6000 китайских предприятий произвели 28 млн. тонн (Edelmann et al. 2000). В 2005 г. около 3600 китайских заводов произвели 56 млн. тонн бумаги и картона (2005 annual report of China paper industry (Ежегодный отчет по целлюлозно-бумажной промышленности Китая за 2005 г.)).

**Рисунок 1. Ликвидация выбросов 2,3,7,8-ТХДФ при росте объемов замещения хлора диоксидом хлора**



### Сырьевые материалы

Целлюлоза и бумага изготавливаются из содержащих древесину материалов и из многих не содержащих древесины материалов, например из соломы, жома сахарного тростника, бамбука, камыша и кенафа. В настоящее время древесная масса обеспечивает более 90% требуемого во всем мире натурального волокна, а оставшуюся часть обеспечивают не содержащие древесины материалы. В 2005 году производство химической целлюлозы на древесной основе составляло около 126 млн. тонн, а производство целлюлозы на иной основе – 17 млн. тонн (статистические данные от FAOSTAT). Целлюлоза на недревесной основе производится в основном в развивающихся странах, однако по ряду причин к волокнам из такой целлюлозы проявляют все больший интерес страны Восточной и Западной Европы, а также Северная Америка (Raavilainen, 1998).

Древесные и основные не содержащие древесины материалы, используемые при изготовлении бумаги, представляют собой сложную смесь одних и тех же веществ – целлюлозы (40–45%), полуцеллюлозы (25–35%), лигнина (20–30%) и экстрагируемых веществ (2–15%). Большинство лигниноцеллюлозных и целлюлозных материалов волоконной структуры могут быть переработаны в бумагу и картон различного сорта. Однако волокна, полученные из разных

сырьевых материалов, отличаются друг от друга. Они значительно отличаются по морфологическим и химическим характеристикам, что делает их пригодными для получения конечной продукции различной сортности (Паавилайнен, 1998). Чаще всего в качестве недревесного волоконного сырья используется пшеничная или рисовая солома. Солома дает короткое волокно и получаемая целлюлоза подобна целлюлозе из лиственной древесины. Для недревесных материалов характерно высокое содержание двуоксида кремния (Mугтеп 2000).

## **1.2. Связь технологии и конечной продукции**

Технология варки и отбеливания целлюлозы должна согласовываться с качеством и характеристиками производимой целлюлозы и бумаги. Ни один из существующих процессов варки и отбеливания целлюлозы не может обеспечить получение целлюлозы, пригодной для всех целей. Например, газетная бумага представляет собой производимую в больших объемах продукцию умеренной прочности, непрозрачности и пригодности для печати, при этом ее долговечность относительно мала. Поэтому высокую производительность по целлюлозе можно получать из сырьевых материалов за счет снижения максимальной достижимой прочности и белизны, а требования по отбеливанию снижаются благодаря естественной белизне целлюлозы. С другой стороны, чтобы упаковочная бумага была пригодной, она должна быть достаточно прочной – в этом случае для получения высокой прочности приходится снижать производительность установки и использовать другой технологический процесс, но требования по отбеливанию опять-таки могут быть низкими. В случае же писчей и типографской бумаги, а также обложечной бумаги необходимо поддерживать высокий уровень применяемых делигнификации и отбеливания, так как эти виды бумаги должны сохранять степень белизны и прочность долгие годы и не желтеть. Таким образом, объем работ, необходимых при отбеливании, может изменяться в широких пределах.

## **2. Описание технологического процесса**

### **2.1. Применяемые методы варки целлюлозы**

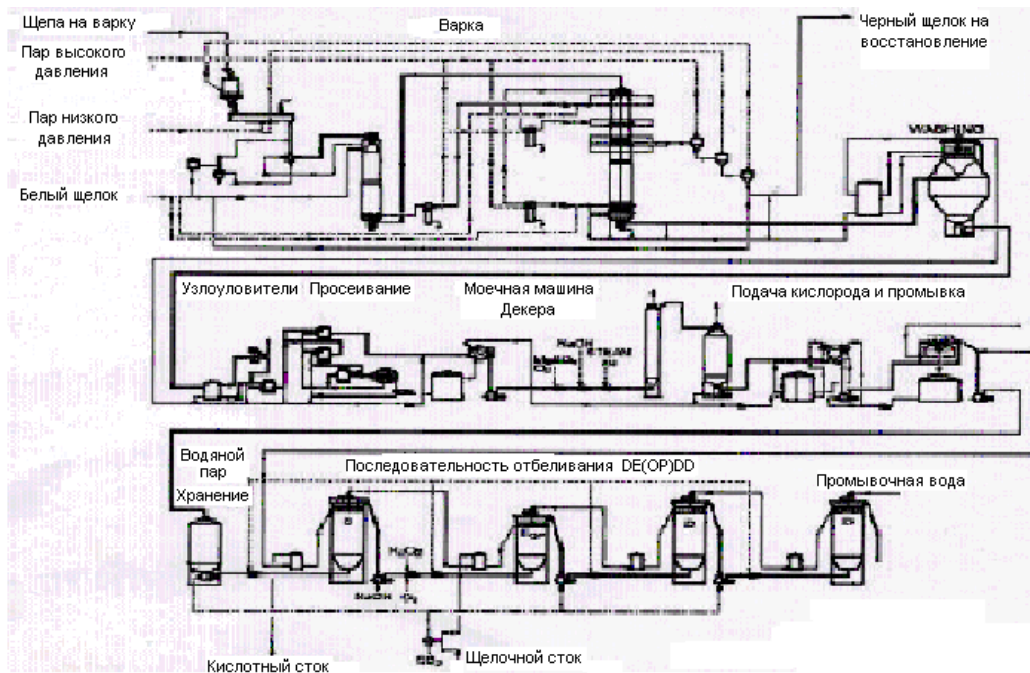
К главным процессам, связанным с изготовлением целлюлозы и бумажных изделий, относятся погрузочно-разгрузочные работы и подготовка (а также консервация недревесных материалов), обдирка древесной коры, измельчение и очистка сельскохозяйственных остатков, удаление узлов, варка целлюлозы, обработка и отбеливание (при необходимости) целлюлозы и, наконец, – изготовление бумаги или картона.

При изготовлении целлюлозы используют механические, термомеханические, химико-механические и химические методы. В механических процессах приготовления целлюлозы используют дефибрирование в случае бревен и дисковые мельницы в случае щепы. В этих процессах для разделения волокон используются механические сдвигающие усилия, и большая часть лигнина остается вместе с волокнами, хотя наблюдается и значительное растворение органических веществ. За первой ступенью следует вторая ступень дискового измельчения и прямая подача на бумагоделательную машину. Полученные механическим способом целлюлозы часто могут быть использованы без отбеливания, но в случаях, когда требуется белизна, для ее получения используются такие вещества как дитионит или пероксиды (Gullichsen and Fogelholm, 2000).

Лигнин связывает волокна в структуре древесины. В химических процессах приготовления целлюлозы волокна высвобождают путем применения химических веществ, растворяющих лигнин. Таким образом лигнин и многие другие органические вещества переходят в раствор. Этот процесс происходит под давлением в сосудах, называемых варочными котлами. Они представляют собой обогреваемые стационарные вертикальные сосуды под давлением, используемые для сырьевых материалов на древесной основе. Для сырьевых материалов на недревесной основе используют сферические ротационные или барабанные цилиндрические варочные котлы в периодически действующих системах получения целлюлозы при различных химических процессах. На рис. 2 и 3 представлены типичные технологические схемы получения целлюлозы в случаях сырья на древесной и недревесной основе. Остаточный лигнин удаляется из волокон при отбеливании химическими реагентами. Предпринимались некоторые попытки использовать ферменты для усиления действия таких реагентов. Однако широкое применение

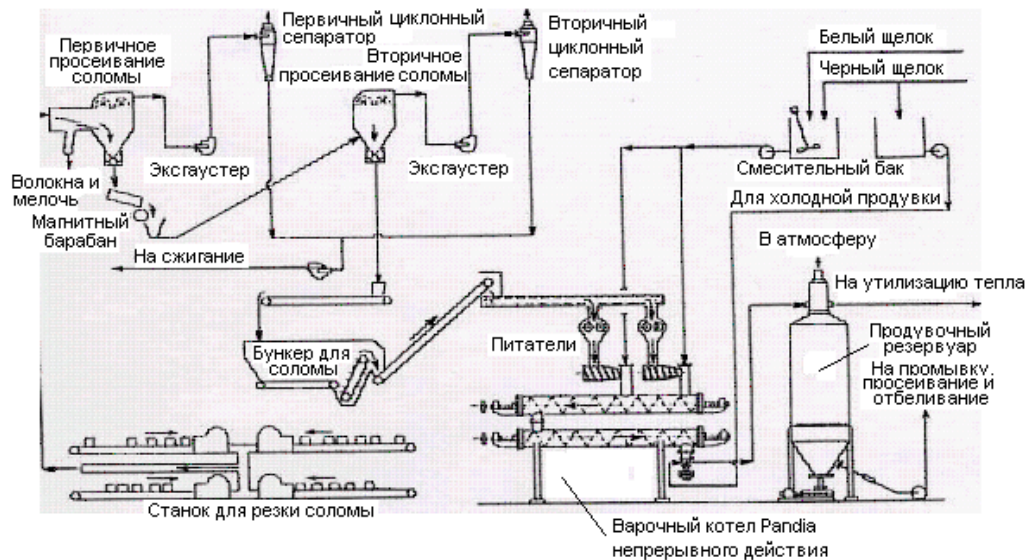
ферментов сдерживается тем, что в результате снижаются объемы продукции, наносится ущерб свойствам волокна и повышается стоимость производства.

**Рис. 2. Типичная схема современного крафт- процесса с отбеливанием без элементарного хлора (ECF)**



Источник: Gullichsen J. and Fogelholm, 2000.

**Рис. 3. Типичная схема получения целлюлозы из пшеничной соломы с использованием системы Pandia для непрерывной варки**



Источник: Kosurek, 1983.

Основные химические, полухимические и химико-механические методы приготовления целлюлозы имеют следующие особенности:

- Сульфатный процесс (метод Крафта) использует смесь гидроокиси натрия и сульфида натрия для растворения лигнина в щелочных условиях и удаления его из древесных волокон и большинства недревесных волокон (химический метод).
- Сульфитный процесс: методы с использованием кислого бисульфита, бисульфита, щелочного и нейтрального сульфита (Ca, Mg, NH<sub>4</sub>, Na); для растворения лигнинов применяются различные основания (включая антрахинон) в некотором диапазоне pH; большинство древесных волокон (химические и полухимические методы);
- Известь, известковая сода: используются, в частности, для обработки не содержащих древесины волокон.
- Холодная сода, для которой применяется предварительная обработка гидроокисью натрия при комнатной температуре, при этом сода используется в отдельности либо вместе с карбонатом натрия: в частности используется для обработки волокон лиственных пород и недревесных материалов (полухимические методы).
- Сода AQ: Гидроокись натрия используется в отдельности или совместно с карбонатом натрия и в присутствии каталитического антрахинона; применяется для обработки волокон лиственных пород и не содержащих древесины материалов (химический метод, аналогичный методу Крафта, но без серы); уменьшение запаха.
- Методы с органическими растворителями: применимы для древесных и недревесных сырьевых материалов; некоторые процессы используются в заводских масштабах, но только один процесс освоен в промышленных масштабах.

Во всем мире преобладает процесс Крафта (или сульфатный процесс) получения целлюлозы, на его долю приходится 84% мирового производства целлюлозы химическими методами и 63% суммарного производства целлюлозы химическими и механическими методами.

Все целлюлозы на недревесной основе почти без исключения производятся с использованием химических и полухимических процессов. Среди всех химических процессов, применяемых для таких материалов, наиболее важное место занимает содовый процесс, за ним следуют процесс Крафта и процесс с использованием нейтрального сульфита. В настоящее время все еще работают комбинаты, использующие традиционные известковый и известково-содовый процессы (Edelman et al., 2000; *Proceedings* 1992). Сейчас ведутся исследования многих новых процессов для получения целлюлозы из недревесного сырья.

### 2.1.1. Процесс Крафта (сульфатный) для производства целлюлозы

В процессе Крафта используется щелочной раствор на натриевой основе, состоящий из сульфида натрия (Na<sub>2</sub>S) и гидроокиси натрия (NaOH). Волокна высвобождаются в варочном котле путем растворения лигнина и части гемицеллюлозы в химическом растворе (белом щелоке). Отработавший варочный щелок (черный щелок) регенерируется с получением белого щелока, который используется на первой ступени варки целлюлозы. На заводах с химической регенерацией большая часть растворенной древесной массы сжигается, а сточная вода в основном содержит органические вещества в конденсатной форме, а на отбеливающих заводах – вещества, растворенные во время отбеливания, и остатки отбеливающих химических реагентов. На многих небольших заводах регенерация щелока отсутствует.

Регенерация щелоков, используемых для волокон на недревесной основе, проблематична из-за высокого содержания кремния в материале волокон и быстрого увеличения вязкости щелока во время испарения, а также из-за трудностей в достижении высокой концентрации твердой фазы в концентрированном щелоке, подаваемом в систему регенерации. Однако в настоящее время этой области регенерационных технологий уделяется значительное внимание и имеются сообщения о получении практически осуществимых процессов.

### 2.1.2. Процессы с использованием извести и соды

В этих процессах используются простые щелочные варочные щелоки; процесс аналогичен производству целлюлозы в процессе Крафта, но без соединений серы. На комбинатах, не

имеющих химической регенерации, вся растворенная древесная масса, а также варочные и отбеливающие химические реагенты остаются в сточной воде, а летучие вещества попадают в атмосферу. Способность процесса к делигнификации недостаточна для производства целлюлозы на древесной основе при низкой производительности и высокой степени белизны. Процесс широко применяется для целлюлозы на недревесной основе, он используется также вместе с кислородом в случае соломенных целлюлоз. Химия содового процесса упрощается, так как в процессе отсутствует сера, которая образует нежелательные побочные продукты, а гидроксид натрия может быть регенерирован путем каустификации известью расплавленного карбоната натрия. После варки целлюлозы, которые не подлежат отбеливанию, измельчают с целью отделения волокон.

### **2.1.3. Сульфитные процессы производства целлюлозы**

Сульфитный процесс производства целлюлозы основан на использовании водного раствора диоксида серы и какого-либо основания – кальция, натрия, магния или аммиака. Этот процесс постепенно теряет свое значение, и с его помощью в мире производится только 10% целлюлозы. Заводы, использующие для волокон на недревесной основе щелочные сульфиты, часто работают в периодическом режиме, и химическая регенерация на них обычно не практикуется, так как такие заводы невелики и для них слишком сложна химическая регенерация, обычная для процесса с использованием натрия. В сравнении с целлюлозой Крафта сульфитные целлюлозы белее и, кроме того, они относительно легче поддаются отбеливанию с помощью таких содержащих кислород химических реагентов как пероксиды.

### **2.1.4. Процессы на основе растворителей**

Процессы производства целлюлозы на основе растворителей могут применяться как с древесным, так и недревесным сырьем. В этих процессах могут, среди прочих, использоваться следующие растворители: муравьиная кислота, надмуравьиная кислота, уксусная кислота, этанол, метанол, ацетон (Rousu and Antila 2002; Laxen and Halttunen 1992; Stern 2003; Edelman et al. 2000). Большинство щелочных и кислотных методов варки целлюлозы – это процессы без применения серы, производящие легко отбеливаемую целлюлозу. Некоторые процессы на основе растворителей лучше подходят для лиственной древесины (напр., Alcell), некоторые – как для лиственной, так и для хвойной древесины (напр., NAEM, Organocell, Acetocell, Formacell, ASAM). Однако, ни по одному из этих процессов не была доказана экономическая обоснованность для применения в промышленных масштабах, а пилотные производственные линии закрывались. Исследовалась применимость процессов на основе растворителей (напр., Alcell, Milox, Chempolis) для недревесного сырья. В ряде лабораторных экспериментов было показано, что в сравнении с традиционным крафт-процессом применительно к недревесному сырью процессы на основе органических растворителей дают больший выход продукции при использовании технологий этанол- сода, ASAM, Organocell (Shatalov and Pereira 2005). В пилотных проектах было показано, что процессы Milox, Formacell и ASAM позволяют получать целлюлозы с наилучшей белимостью (Gullichsen and Fogelholm 2000).

## **2.2. Отбеливание**

Отбеливание после варки целлюлозы - это химический процесс, которому подвергают целлюлозу, чтобы повысить ее степень белизны. Чтобы достичь требуемого уровня белизны, отбеливание следует проводить путем удаления из полученной химическим путем целлюлозы остаточного лигнина (делигнификация, или отбеливание с удалением лигнина). На одной ступени отбеливания невозможно избирательно удалить весь лигнин, поэтому целлюлозу обычно отбеливают на трех-шести ступенях. На первых двух ступенях в основном выделяют и экстрагируют лигнин, а на последующих ступенях удаляют остаточный лигнин и получают конечный продукт. Такое последовательное отбеливание приводит к максимальному отбеливающему эффекту для каждого компонента. Воду используют с целью промежуточного вымывания экстрагированных отходов из целлюлозы (Gullichsen и Fogelholm, 2000; Stenius, 2000). В Таблице 1 приводятся обычно применяемые при отбеливании способы химической обработки и их обозначения.

**Таблица 1. Обычно применяемые при отбеливании способы химической обработки**

Обработка	Обозначение	Описание
Хлорирование	C	Реакция с элементарным хлором в кислой среде
Щелочное экстрагирование	E	Растворение продуктов реакции в NaOH
Гипохлорит	H	Реакция с гипохлоритом в щелочной среде
Диоксид хлора	D	Реакция с диоксидом хлора (ClO <sub>2</sub> )
Хлор и диоксид хлора	CD	На ступени хлорирования добавляется диоксид хлора
Кислород	O	Реакция с молекулярным кислородом при высоком давлении в щелочной среде
Экстрагирование с кислородом	EO	Щелочное экстрагирование с кислородом
Пероксид	P	Реакция с перекисью водорода (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ) в щелочной среде
Хелатные соединения	Q	Реакция с хелатными агентами EDTA или DTPA в кислой среде для удаления металлов
Озон	Z	Озон с применением газообразного озона (O <sub>3</sub> )

Если из процесса отбеливания исключаются молекулярный хлор и гипохлорит, то последовательность отбеливающих операций называется «отбеливанием диоксидом хлора» или «отбеливанием без элементарного хлора (EFC)». Если в указанной последовательности используются только кислородосодержащие химические реагенты, такие как кислород, озон, щелочной или кислый пероксид, можно использовать термины «кислородное отбеливание» или «отбеливание при полном отсутствии хлора (TCF)».

Для целлюлоз, получаемых из хвойной древесины по процессу Крафта, обычно используется последовательность четырех-шести ступеней отбеливания, что позволяет получить полную белизну (степень белизны 89 – 91%). В 60-х и 70-х годах применялись дающие полную белизну последовательности CEHDED и CEDED. Для современных заводов более типичны последовательности OD(EOP)D, OD(EOP)DP, Q(PO)DD, Q(PO)(DQ)(PO); и (Z(EO))DD (полная белизна).

В случае использования кислородной делигнификации или ступени усиленного экстрагирования могут применяться такие последовательности отбеливания как O(D+C)(EO)D; O(CD)EDED; и O(D)(EO)DED.

Целлюлозы лиственных древесных пород легче отбеливаются, поскольку эти целлюлозы содержат меньше лигнина. Кроме того, меньше операций отбеливания требуется для сульфитных целлюлоз, поскольку перед операциями отбеливания они имеют более высокую степень белизны.

Как для недревесного, так и древесного сырья при варке целлюлозы удаляется некоторая часть лигнина. После варки для удаления лигнина может применяться целый ряд химических веществ и катализаторов. Традиционно в список таких химических веществ входили газообразный хлор и диоксид хлора. В случае целлюлозы на недревесной основе все еще очень широко используется одноступенчатое гипохлоритное отбеливание или обычное четырехступенчатое отбеливание (СЕНН, СЕНД), при этом выбор зависит от требований по конечной полной белизне (Zheng et al., 1997). В последнее время в этих целях стали применять сжатый кислород, озон и перекись водорода (Stem 2003).

### 2.2.1. Отбеливание элементарным хлором и хлорноватистой кислотой

Элементарный хлор и хлорноватистая кислота представляют собой электрофильные отбеливающие химические реагенты, которые реагируют с ненасыщенными структурами, а

именно с лигнинными структурами; полисахаридными продуктами распада, такими как гексенюрониковая кислота; и экстрагирующими структурами, содержащими двойные углерод-углеродные связи. Эти электрофильные отбеливающие реагенты способны реагировать с различными незамещенными ароматическими углеродными атомами лигнина и при этом:

- (а) хлорируют (когда углерод не связан с атомом кислорода); либо
- (б) хлорируют и деполимеризуют (путем вытеснения какой-либо  $\alpha$ -гидроксильной группы); либо
- (с) просто деполимеризуют без хлорирования (путем гидроксирования).

Эти реакции хлорирования или деполимеризации делают лигнин растворимым в щелочах, поэтому лигнин может быть удален из целлюлозы на ступенях щелочного отбеливания, входящих в последовательность операций отбеливания.

### 2.2.2. Образование 2,3,7,8-ТХДД / ТХДФ

Большая часть 2,3,7,8-тетрахлордибензо-*p*-диоксина (2,3,7,8-ТХДД) и 2,3,7,8-тетрахлордибензофурана (2,3,7,8-ТХДФ) образуется на ступени С в результате реакции хлора с исходным веществом ТХДД, а именно с дибензо-*p*-диоксином (ДБД), и с исходным веществом ТХДФ, которым является нехлорированный дибензофуран (ДФФ). Когда указанные исходные вещества хлорируют, главной реакцией является электрофильное ароматическое замещение. Скорость этой реакции зависит как от концентрации исходного вещества, так и от концентрации хлора. При этом уровни образующихся 2,3,7,8-ТХДД и 2,3,7,8-ТХДФ не зависят от содержания лигнина в целлюлозе (Veegu et al., 1989).

Хлорирование неароматических структур, таких как гексенюрониковая кислота, не приводит к образованию полихлорированных ароматических продуктов разложения.

Нехлорированные предшественники диоксина преобладают в отдельных минеральных маслах, которые являются частью некоторых противопенивающих добавок, используемых в целлюлозно-бумажной промышленности, и основным источником образования исходных веществ. Само древесное сырье может служить источником вещества - предшественника для диоксина. В частности, сжатая древесная масса содержит более высокие концентрации таких исходных веществ, чем нормальная древесина. Кроме того, сжатие древесной массы влечет за собой более высокие уровни содержания лигнина каумарильного типа, который может быть источником предшественников ДБД и ДБФ типа.

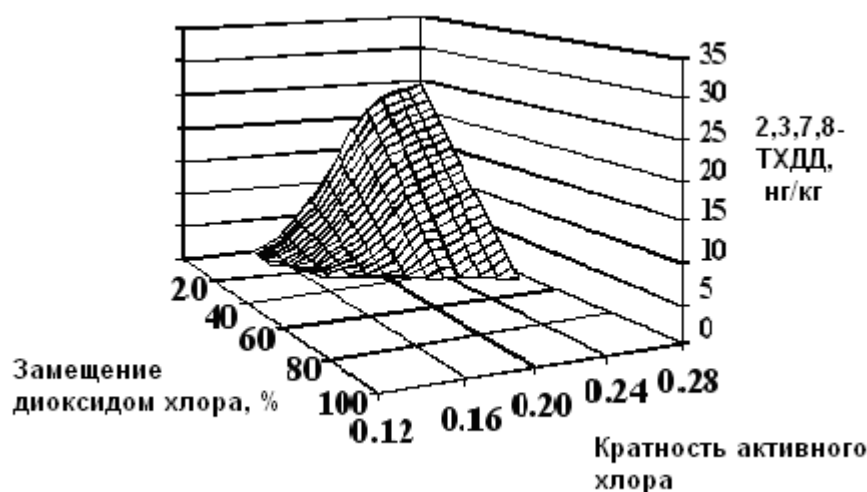
### 2.2.3. Механизмы удаления 2,3,7,8-ТХДД / ТХДФ

Предотвращение образования 2,3,7,8-ТХДД и 2,3,7,8-ТХДФ в процессе отбеливания достигается в основном путем использования полностью безхлорного метода отбеливания, а практическое устранение образования этих веществ – путем уменьшения количества хлора, используемого на первой ступени отбеливания. Этого можно добиться путем уменьшения кратности атомарного хлора в результате улучшения промывки перед хлорированием, использования ступени экстрагирования кислородом или усиливающей экстрагирование перекиси и увеличения степени замещения диоксидом хлора  $\text{ClO}_2$  (Rappe et al., 1989; Tana and Lehtinen, 1996). Рис. 1 и 4 показывают, как уменьшается образование 2,3,7,8-ТХДФ и 2,3,7,8-ТХДД в результате увеличения степени замещения  $\text{ClO}_2$ . Когда уровень замещения диоксидом хлора выше 85%, образование 2,3,7,8-ТХДФ и 2,3,7,8-ТХДД практически устраняется.

Суммарное влияние кратности активного хлора<sup>1</sup> и степени замещения диоксидом хлора можно увидеть на Рис. 4. Уровень образования диоксина в этих условиях (т.е. высокая кратность активного хлора и низкая степень замещения  $\text{ClO}_2$ ), по-видимому, меняется в зависимости от содержания ДБД в небеленой массе.

<sup>1</sup> Термин «кратность активного хлора» означает количество активного или эквивалентного хлора, выраженное через процентное отношение объема высушенной в печи небеленой целлюлозы, деленного на число каппа небеленой целлюлозы.

**Рис. 4. Влияние кратности активного хлора и степени замещения диоксидом хлора на образование 2,3,7,8-ТХДД**



Элементарный хлор можно полностью заменить диоксидом хлора  $\text{ClO}_2$  (отбеливание в отсутствие элементарного хлора). В этом процессе  $\text{ClO}_2$  является обычно главным отбеливающим агентом. Элементарный хлор может быть заменен  $\text{ClO}_2$  на первой ступени отбеливания, потому что  $\text{ClO}_2$ , заменивший атом хлора, имеет пятикратную окислительную способность по сравнению с хлором и имеет практически такие же свойства по избирательному удалению лигнина. Усиление щелочного экстрагирования при отбеливании с помощью кислорода и (или) перекиси водорода приводит к повышенному окислительному отбеливающему эффекту, что снижает содержание остаточного лигнина в целлюлозе перед заключительными ступенями отбеливания диоксидом хлора. Увеличение степени замещения диоксидом хлора  $\text{ClO}_2$  уменьшает образование хлорированных органических веществ и исключает образование диоксинов и фуранов. Увеличение масштабов замены хлора диоксидом хлора требует обычно внесения изменений в процесс отбеливания и, кроме того, расширения площади установки, производящей диоксид хлора.

Процесс отбеливания в отсутствие элементарного хлора различен для хвойной и лиственной древесины, поэтому на существующих целлюлозных комбинатах возможности реализации такого процесса связаны с имеющимся процессом отбеливания. В общем случае для достижения заданной степени белизны лиственная древесина требует меньше химических реагентов, чем хвойная, а это обычно означает, что количество ступеней отбеливания может быть сокращено. С течением времени объемы применяемого диоксида хлора для отбеливания целлюлозы из лиственной древесины снизились на одну треть по мере замещения диоксида хлора кислородосодержащими реагентами. К примерам облегченной последовательности отбеливания в отсутствие элементарного хлора относятся (DZ)(EOP)D, (DQ)(PO), D(EOP)D(PO). Эти последовательности в зависимости от заданной степени белизны можно применить как для лиственной, так и для хвойной древесины (European Commission, 2000).<sup>2</sup>

Небольшие объемы хлора образуются в качестве побочного продукта в системах производства диоксида хлора. Часть такого молекулярного хлора в качестве примесей будет присутствовать при использовании диоксида хлора в качестве отбеливающего реагента. Существует несколько разных процессов производства диоксида хлора, при которых образуются различные объемы элементарного хлора в качестве побочного продукта. Соответственно, тщательный подбор технологии производства диоксида хлора позволит снизить объемы образования молекулярного хлора как загрязнителя и непреднамеренного образования диоксинов.

Целлюлоза, полученная при отбеливании в отсутствие элементарного хлора с помощью диоксида хлора (крафт-целлюлоза), удерживает ведущее положение в промышленности, при этом на ее долю приходится приблизительно три четверти производимой в мире отбеленной целлюлозы.

<sup>2</sup> Расшифровка обозначений приведена в Таблице 1.



### **3. Наилучшие имеющиеся методы производства целлюлозы с использованием элементарного хлора**

#### **3.1. Основные меры**

В настоящее время основными наилучшими имеющимися методами сведения к минимуму или устранения возможности образования 2,3,7,8-ТХДД/ТХДФ в процессах отбеливания целлюлозы на древесной и недревесной основе являются следующие:

- Сокращение применения элементарного хлора путем снижения его кратности или увеличения степени замены молекулярного хлора диоксидом хлора ( $\text{ClO}_2$ );
- Устранение элементарного хлора путем замены его диоксидом хлора  $\text{ClO}_2$  (отбеливание в отсутствие элементарного хлора) либо не содержащими хлора химическими реагентами;
- Применение противовспенивающих добавок, не содержащих ДБД и ДБФ;
- Неприменение сырья на недревесной основе (тростника), загрязненного либо потенциально могущего быть загрязненным ПХДД/ПХДФ в качестве примесей в петнахлорфенолате натрия (Zheng 1997);
- Эффективная промывка небеленой массы, что позволяет уменьшить кратность хлора;
- Максимальное удаление узлов и грязи, что позволяет уменьшить кратность хлора;
- Устранение варки композиции, загрязненной полихлорированными фенолами.

#### **3.2. Дополнительные меры**

Предлагаются следующие общие меры:

- Замена: Выявление и замена потенциально вредных веществ менее вредными. Использование подробного списка применяемых сырьевых материалов, химических составов, количеств, судьбы и воздействия на окружающую среду;
- Планирование и циклы капитальных вложений: Координация работ по усовершенствованию процесса с целью уменьшения количества «узких мест» и задержек при внедрении более передовых методов;
- Обучение, образование и мотивация персонала: Обучение персонала может оказаться очень рентабельным способом снижения выбросов вредных веществ;
- Оптимизация и мониторинг управления процессом: Чтобы быть в состоянии одновременно снижать выброс различных загрязняющих веществ и поддерживать низкие уровни выбросов, требуется улучшенное управление процессом, в том числе выполнение технических условий на сырьевые материалы и контроль за возможным наличием веществ-предшественников таких загрязнителей в сырье;
- Надлежащее техническое обслуживание: Чтобы поддерживать на высоком уровне эффективность процесса и связанных с ним методов борьбы с выбросами, необходимо обеспечивать достаточный уровень технического обслуживания;
- Система управления окружающей средой: На заводе должна существовать система четкого определения ответственности по вопросам, относящимся к охране окружающей среды. Она повышает информированность и включает в себя цели и мероприятия, инструкции по процессу и работам, перечни необходимых проверок и другую относящуюся к делу информацию, а также включает экологические вопросы и контроль за изменениями в технологическом процессе;
- Разработка мониторинга окружающей среды и протоколов контроля за выполнением норм, включая мониторинг выбросов из новых установок.

## 4. Альтернативные процессы

### 4.1. Отбеливание крафт-целлюлозы при полном отсутствии хлора

Отбеливание при полном отсутствии хлора (TCF) – это процесс, который быстро развивался в 1990-ые годы, но постепенно потерял привлекательность вследствие худших характеристик волокна, меньшего объема производимой целлюлозы и более высоких энергозатрат. Процесс производства без элементарного хлора (ECF) занял ведущее место как основной метод отбеливания. Рыночная доля предприятий, работающих на TCF процессах, стала падать, и ряд таких предприятий перешел на производство целлюлозы по технологии ECF. Операционные издержки процесса TCF обычно выше, чем ECF вследствие более высокой стоимости химических реагентов, необходимых для получения той же степени белизны целлюлозы.

Процесс TCF – это процесс отбеливания без каких-либо хлорсодержащих химикатов. В этом процессе наиболее часто применяемыми химическими реагентами являются перекись водорода вместе с озоном или надуксусной кислотой. В последовательности операций отбеливания при полном отсутствии хлора озон стал наиболее обычным дополнением перекиси. Главная цель использования озона – обеспечить более мощную делигнификацию. При условии, что целлюлоза имеет достаточно низкое число карра<sup>3</sup> после продолжительной варки и кислородной делигнификации и что переходные металлы (например,  $Mn_2^+$ ) уже удалены на необходимых ступенях хелатообразования (ступени Q), становится возможным достичь полной рыночной белизны с помощью одного только отбеливающего химического реагента – перекиси.

Ниже приведены примеры различных последовательностей операций отбеливания при полном отсутствии хлора:

<b>Хвойная древесина</b>	<b>Лиственная древесина</b>
Q(EP)(EP)(EP)	QPZP
Q(OP)(ZQ)(PO)	Q(OP)(ZQ)(PO)
Q(EOP)Q(PO)	Q(EOP)Q(PO)
Q(OP)ZQ(PO)	Q(OP)ZQ(PO)

Примечания:

Q = кислотная ступень, на которой для удаления металлов использован хелатообразующий агент EDTA или ДТРА.

EP = ступень экстрагирования, использующая NaOH с последующей добавкой раствора  $H_2O_2$  в качестве усиливающего реакцию агента.

EOP = ступень отбеливания со щелочным экстрагированием, использующая гидроокись натрия с последующей добавкой кислорода и раствора перекиси водорода в качестве усиливающего реакцию агента.

EO = ступень экстрагирования, использующая NaOH с последующей добавкой газообразного кислорода в качестве усиливающего реакцию агента.

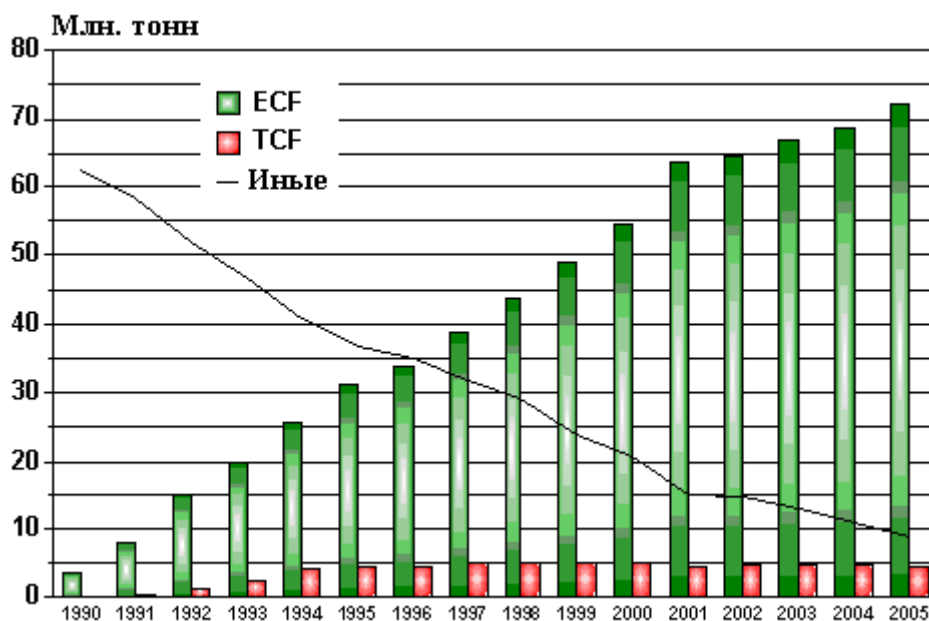
P = щелочная ступень с жидким  $H_2O_2$ .

Z = озоновое отбеливание с использованием газообразного  $O_3$ .

PO = перекисное отбеливание под давлением.

Тенденции в мировом химическом производстве целлюлозы представлены на Рисунке 5. На долю крафт-целлюлозы, полученной в процессе с полным отсутствием хлора, и сульфатной целлюлозы приходится менее 5% производства; в основном она производится на заводах Северной и Центральной Европы.

<sup>3</sup> Число карра служит косвенной мерой содержания остаточного лигнина в целлюлозе, измеренного путем поглощения некоего окислительного химического вещества (например, перманганата калия).

**Рисунок 5. Тенденции в химическом производстве отбеленной целлюлозы: мировые объемы, за исключением Китая и Индии.**

Примечание: “Иные” относятся к процессам отбеливания целлюлозы молекулярным хлором

#### 4.2. Отбеливание не содержащей древесины целлюлозы при полном отсутствии хлора (TCF)

Не содержащие древесины целлюлозы из-за их плохой способности к отбеливанию не могут быть удовлетворительно отбелены без помощи содержащих хлор реагентов, если используется традиционный щелочной процесс обработки. Кроме того, не содержащие древесины материалы содержат заметные количества ионов металлов, в число которых входят калий, кальций, марганец, медь и железо. Поэтому, когда целлюлозу отбеливают без содержащих хлор реагентов, переходные металлы образуют радикалы, которые реагируют с целлюлозой случайным образом, что приводит к снижению производительности и к потере прочности целлюлозы. На начальных стадиях отбеливания часто добавляются хелаты для снижения количества металлов в волокне. Кроме того, отбеливание сопровождается образованием щавелевой кислоты. Кальций вступает в реакцию со щавелевой кислотой с образованием оксалата кальция, который легко осаждается. Вследствие этого отбеливание TCF не подходит для традиционных щелочных процессов при недревесном сырье. Сейчас проводятся исследования по применению TCF отбеливания в процессах на основе растворителей.

### 5. Достижимые уровни выбросов, соответствующие наилучшим имеющимся методам и наилучшим видам природоохранной деятельности

Когда при традиционном отбеливании степень замены диоксидом хлора ( $\text{ClO}_2$ ) превышает 85% или используется отбеливание в отсутствие элементарного хлора или при полном отсутствии хлора, выбросы 2,3,7,8-ТХДФ и 2,3,7,8-ТХДД в воду оказываются ниже, чем предел количественного определения (Метод ЕРА № 1613) (см. Таблицу 2).

#### 5.1. Эксплуатационная отчетность

Эксплуатационные отчеты рекомендуется выполнять, как это описано в Разделе III.C (vi) настоящих руководящих принципов.

В тех случаях, когда измерение выбросов невозможно (например, отсутствует достаточное количество аналитического оборудования), предлагается в качестве временных показателей (пока не появится возможность ежегодного тестирования и анализа выбросов) использовать в отчетах коэффициенты выбросов ПХДД/ПХДФ, характерные для аналогичных заводов и типов эксплуатации. Коэффициенты выбросов ПХДД/ПХДФ целлюлозных заводов приведены в Разделе

6.7.1 ЮНЕП под названием “UNEP Standardized Toolkit for Identification and Quantification of Dioxin and Furan Releases” (Стандартизованные наборы инструментов для идентификации и численной оценки выбросов диоксинов и фуранов) (UNEP, 2003).

## 5.2. Эксплуатационные нормативы

В Таблице 2 приводятся эксплуатационные нормативы, применяемые к целлюлозно-бумажным комбинатам.

**Таблица 2. Сводка существующих эксплуатационных нормативов, применимых к целлюлозным заводам**

Новая установка	2,3,7,8-ТХДД/ТХДФ пг/л в воду	2,3,7,8- ТХДД/ТХДФ нг/кг в шлам	Противоспенивающие добавки ДБД и ДБФ мг/кг
Канада (федеральные нормы) <sup>a</sup>	Ниже, чем предел количественного определения в обработанном конечном стоке		ДБД < 10 ДБФ < 40
Процессы Крафта и содовый (США) <sup>b</sup>	2,3,7,8-ТХДД < 10 2,3,7,8-ТХДФ ≤ 31.9 в стоках отбеливающей установки	10/100	
На основе аммиака и специального сульфита (США) <sup>b</sup>	2,3,7,8-ТХДД < 10 2,3,7,8-ТХДФ < 10 в стоках отбеливающей установки		
Австралия <sup>c</sup>	2,3,7,8-ТХДД < 15 в обработанном конечном стоке		
Тасмания, Австралия <sup>d</sup>	2,3,7,8-ТХДД < 10 в обработанном конечном стоке		
Япония <sup>e</sup>	< 10 пг ТЕQ/л		

### Источники:

a. Government of Canada. 1992. *Canadian Pulp and Paper Mill Defoamer and Wood Chip Regulations*. SOR/92-268. Canadian Department of Justice. [www.ec.gc.ca/NOPP/DIVISION/EN/detail.cfm?par\\_docID=99](http://www.ec.gc.ca/NOPP/DIVISION/EN/detail.cfm?par_docID=99).

b. United States Congress, Office of Technology Assessment. 1989. *Technologies for Reducing Dioxin in the Manufacture of Bleached Wood Pulp*. OTA-BP-O-54. United States Government Printing Office, Washington, D.C. [govinfo.library.unt.edu/ota/Ota\\_2/DATA/1989/8931.PDF](http://govinfo.library.unt.edu/ota/Ota_2/DATA/1989/8931.PDF).

c. Government of Australia. 1990. *Bleaching and the Environment*. Industry Commission, Pulp and Paper: Report No. 1. Australian Government Publishing Service, Canberra. [www.pc.gov.au/ic/inquiry/01pulp/finalreport/01pulp.pdf](http://www.pc.gov.au/ic/inquiry/01pulp/finalreport/01pulp.pdf).

d. Resource Planning and Development Commission. 2004. *Development of New Environmental Emission Limit Guidelines for Any New Bleached Eucalypt Kraft Pulp Mill in Tasmania*. Government of Tasmania, Australia. <http://www.rpdc.tas.gov.au/BEKM/pages/bekm.htm>.

e. Member of EGB. 2005. Ministry of the Environment of Japan.

## Ссылки на литературу

- Berry R.M., Flemming B.I. et al. 1989. "Toward Preventing the Formation of Dioxins during Chemical Pulp Bleaching." *Pulp and Paper Canada* 90:8.
- Edelman K., McKeough P., Sipilä K. et al. 2000. "Environment and Economics." *Paper and Timber* 82:3.
- European Commission. 2000. *Reference Document on Best Available Techniques in the Pulp and Paper Industry*. BAT Reference Document (BREF). European IPPC Bureau, Seville, Spain.
- Gullichsen J. and Fogelholm C.-J. 2000. *Papermaking Science and Technology Book 6A: Chemical Pulping*. Fapet Oy.
- Kocurek M.J. 1983. *Pulp and Paper Manufacture Vol. 3: Secondary Fibres and Non-Wood Pulping*.
- Laxén T. and Halttunen J. 1992. "Organosolv Pulping." *Vesi – ja ympäristöhallinnon julkaisu –sarja A* 119 (in Finnish).
- Myréen B. 2000. *Straw's New Horizons*. <http://www.conox.com/literature/ppa-oct.pdf>.
- Paavilainen L. 1998. "European Prospects for Using Nonwood Fibre." *Pulp and Paper International* 40:6.
- Proceedings*. 1992. Second International Non-wood Fibre Pulping and Papermaking Conference, 6–9 April 1992, China.
- Rappe C., Svansson S., Glas B. et. al. 1989. "On the Formation of PCDDs and PCDFs in the Bleaching of Pulp." *Pulp and Paper Canada*.
- Rousu P. and Antila J. 2002. "Sustainable Pulp Production from Agricultural Waste." *Resources, Conservation and Recycling* 32.
- Shatalov A.A. and Pereira H. 2005. "Arundo Donax L. Reed: New Perspectives for Pulping and Bleaching. Part 4. Peroxide Bleaching of Organosolv Pulps." *Biosource Technology* 96.
- Stenius P. 2000. *Papermaking Science and Technology Book 3: Forest Products Chemistry*. Fapet Oy.
- Stern, B. 2003. *Making Paper From Montana's Straw*. [http://www.nativeforest.org/pdf/Straw\\_report.pdf](http://www.nativeforest.org/pdf/Straw_report.pdf).
- Tana J. and Lehtinen K.J. 1996. *The Aquatic Environmental Impact of Pulping and Bleaching Operations: An Overview*. Finnish Environment Agency (SYKE).
- UNEP (United Nations Environment Programme). 2003. *Standardized Toolkit for Identification and Quantification of Dioxin and Furan Releases*. UNEP, Geneva. [www.pops.int/documents/guidance/Toolkit\\_2003.pdf](http://www.pops.int/documents/guidance/Toolkit_2003.pdf).
- Zheng M.-H., Bao Z.-C., Wang K.-O. and Xu X.-B. 1997. "Levels of PCDDs and PCDFs in the Bleached Pulp from Chinese Pulp and Paper Industry." *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 59.

## Другие источники

- AET (Alliance for Environmental Technology). 2005. *Trends in World Bleached Chemical Pulp Production: 1990–2005*. AET, Washington, D.C.
- CBNS (Center for the Biology of Natural Systems). 1996. *Pulp and Paper Production, Zeroing Out the Dioxins in the Great Lakes: Within Our Reach*. CBNS, Queens College, New York. [www.cbns.qc.edu/cbns\\_ch5.pdf](http://www.cbns.qc.edu/cbns_ch5.pdf).
- Chinese association of paper industry. 2005 annual report of China paper industry.
- Environment Agency for England and Wales. 2000. *Technical Guidance for the Pulp and Paper Sector*. SEPA and EHS. [www.environmentagency.gov.uk/business/444304/444635/107293/?version=1&lang=\\_e](http://www.environmentagency.gov.uk/business/444304/444635/107293/?version=1&lang=_e).

- EPA (United States Environmental Protection Agency). 1998. *Effluent Guidelines: Final Pulp and Paper Cluster Rule*. Federal Register: April 15, 1998, Vol. 63:72. EPA, Washington, D.C.  
[www.epa.gov/waterscience/pulppaper/cluster.html](http://www.epa.gov/waterscience/pulppaper/cluster.html).
- FAOSTAT, <http://faostat.fao.org/DesktopDefault.aspx?PageID=381&lang=en>, 22.11.2006
- Götsching L. and Pakarinen H. 2000. *Recycled Fiber and Deinking*. Fapet Oy.
- Government of Australia. 1990. *Bleaching and the Environment*. Industry Commission, Pulp and Paper: Report No. 1. Australian Government Publishing Service, Canberra.  
[www.pc.gov.au/ic/inquiry/01pulp/finalreport/01pulp.pdf](http://www.pc.gov.au/ic/inquiry/01pulp/finalreport/01pulp.pdf).
- Government of Canada. 1992. *Canadian Pulp and Paper Mill Defoamer and Wood Chip Regulations*. SOR/92-268. Canadian Department of Justice.  
[www.ec.gc.ca/NOPP/DIVISION/EN/detail.cfm?par\\_docID=99](http://www.ec.gc.ca/NOPP/DIVISION/EN/detail.cfm?par_docID=99).
- Gullichsen J. and Paulapuro H. 1999. *Papermaking Science and Technology* series, 19 volumes. Fapet Oy, Jyväskylä.
- Ministry of Environment in Finland. 1997. *Finnish Background Report for the EC Documentation of Best Available Techniques for Pulp and Paper Industry*. The Finnish Environment 96. Edita Ltd, Helsinki.
- Pryke D.C. and Barden M.T. 2005. "Environmental Performance of Maine's Bleached Kraft Pulp and Paper Mills." In *Proceedings*, International Pulp Bleaching Conference, June 2005.
- Resource Planning and Development Commission. 2004. *Development of New Environmental Emission Limit Guidelines for Any New Bleached Eucalypt Kraft Pulp Mill in Tasmania*. Government of Tasmania, Australia. <http://www.rpdc.tas.gov.au/BEKM/pages/bekm.htm>.
- United States Congress, Office of Technology Assessment. 1989. *Technologies for Reducing Dioxin in the Manufacture of Bleached Wood Pulp*. OTA-BP-O-54. United States Government Printing Office, Washington, D.C. [govinfo.library.unt.edu/ota/Ota\\_2/DATA/1989/8931.PDF](http://govinfo.library.unt.edu/ota/Ota_2/DATA/1989/8931.PDF).
- VTT Biotechnology. 2003. *Marcus Wallenberg Prize*. [www.mwp.org](http://www.mwp.org).
- Vu M.T.H., Alén R. and Pakkanen H. 2006. "ECF Bleaching of Bamboo Kraft Pulp." *Paper and Timber* 88:2.
- World Bank. 1998. *Pollution Prevention and Abatement Handbook 1998: Toward Cleaner Production*. [www.wds.worldbank.org/servlet/WDS\\_IBank\\_Servlet?pcont=details&eid=000094946\\_990409050522](http://www.wds.worldbank.org/servlet/WDS_IBank_Servlet?pcont=details&eid=000094946_990409050522).

**Раздел V**  
**Указания и руководящие принципы по**  
**категориям источников:**

**Категории источников в Части II Приложения С**

**Категория источников (d):**  
**Термические процессы в металлургической**  
**промышленности**





## Содержание

<b>V.D ТЕРМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ.....</b>	<b>4</b>
<b>(I) ВТОРИЧНОЕ ПРОИЗВОДСТВО МЕДИ .....</b>	<b>4</b>
1. ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА .....	4
2. Источники химических веществ, перечисленных в Приложении С Стокгольмской конвенции .....	6
2.1 Общие сведения о выбросах из печей для выплавки вторичной меди .....	7
2.2 Выбросы в атмосферу ПХДД/ПХДФ .....	7
2.3 Выбросы в другие среды.....	8
3. РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ.....	8
4. ОСНОВНЫЕ И ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МЕРЫ.....	8
4.1 Основные меры.....	8
4.2 Дополнительные меры.....	9
5. НОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ .....	10
6. СВОДНАЯ ТАБЛИЦА РЕКОМЕНДУЕМЫХ МЕР.....	11
7. ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ УРОВНИ, СООТВЕТСТВУЮЩИЕ НАИЛУЧШИМ ИМЕЮЩИМСЯ МЕТОДАМ И НАИЛУЧШИМ ВИДАМ ПРИРОДООХРАННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ .....	14
ССЫЛКИ НА ЛИТЕРАТУРУ .....	14
ДРУГИЕ ИСТОЧНИКИ .....	14
<b>(II) АГЛОМЕРАЦИОННЫЕ УСТАНОВКИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ЧУГУННОЙ И СТАЛЕЛИТЕЙНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ .....</b>	<b>15</b>
1. ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА .....	15
2. Источники химических веществ, перечисленных в Приложении С Стокгольмской конвенции .....	17
2.1 Выбросы в атмосферу.....	17
2.2 Выбросы загрязняющих веществ в другие среды .....	18
3. АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ПРОЦЕССЫ .....	18
3.1 Процессы прямого восстановления.....	19
3.2 Процессы прямой выплавки .....	19
4. ОСНОВНЫЕ И ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МЕРЫ.....	19
4.1 Основные меры.....	20
4.2 Дополнительные меры.....	22
5. НОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ .....	25
6. СВОДНАЯ ТАБЛИЦА РЕКОМЕНДУЕМЫХ МЕР.....	25
7. УРОВНИ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ, СООТВЕТСТВУЮЩИЕ НИМ И НВПД .....	29
ССЫЛКИ НА ЛИТЕРАТУРУ .....	29
<b>(III) ВТОРИЧНОЕ ПРОИЗВОДСТВО АЛЮМИНИЯ .....</b>	<b>31</b>
1. ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА .....	31
2. Источники химических веществ, перечисленных в Приложении С Стокгольмской конвенции .....	34
2.1 Общая информация о выбросах из печей для выплавки вторичного алюминия.....	35
2.2 Выбросы в атмосферу ПХДД/ПХДФ .....	36
2.3 Сбросы загрязняющих веществ в другие среды .....	37
3. РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ.....	37
4. ОСНОВНЫЕ И ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МЕРЫ.....	38
4.1 Основные меры.....	38
4.2 Дополнительные меры.....	39
4.3 Наилучшие имеющиеся методы .....	40
5. НОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ .....	42

#### 4 Раздел V D. Термические процессы в металлургической промышленности

6.	Сводная таблица рекомендуемых мер.....	42
7.	Уровни эксплуатационной эффективности, соответствующие наилучшим имеющимся методам и наилучшим видам природоохранной деятельности.....	45
	Ссылки на литературу .....	45
	Прочие источники .....	45
<b>(IV)</b>	<b>ВТОРИЧНОЕ ПРОИЗВОДСТВО ЦИНКА .....</b>	<b>47</b>
1.	Описание технологического процесса.....	47
2.	Источники химических веществ, перечисленных в Приложении С Стокгольмской конвенции .....	49
2.1	<i>Общая информация о выбросах из печей для выплавки вторичного цинка.....</i>	<i>49</i>
2.2	<i>Выбросы в атмосферу ПХДД/ПХДФ.....</i>	<i>49</i>
2.3	<i>Выбросы в другие среды.....</i>	<i>50</i>
3.	Рекомендуемые технологические процессы .....	50
4.	Основные и дополнительные меры.....	50
4.1	<i>Основные меры .....</i>	<i>51</i>
4.2	<i>Дополнительные меры .....</i>	<i>51</i>
5.	Новые исследования.....	52
6.	Сводная таблица рекомендуемых мер.....	53
7.	Уровни эксплуатационной эффективности соответствующие наилучшим имеющимся методам и наилучшим видам природоохранной деятельности.....	56
	Ссылки на литературу .....	56
	Прочие источники .....	56

## V.D. Термические процессы в металлургической промышленности

### (i) Вторичное производство меди

#### Резюме

Выплавка вторичной меди охватывает процессы производства меди из медного лома, лома компьютеров и электронной аппаратуры, шлама и концентрата из отсадочных машин нефтеперерабатывающих заводов. К технологическим процессам производства меди относятся: предварительная обработка сырьевых материалов, плавка, легирование и разливка. Факторами, которые могут способствовать образованию химических веществ, перечисленных в Приложении С Стокгольмской конвенции, являются присутствие каталитических металлов (ярким примером которых является медь); органические примеси в сырье, например такие, как масла, пластмассы и красочные покрытия; неполное сгорание топлива; диапазон температур от 250° до 500° С.

Наилучшие имеющиеся методы включают в себя предварительную сортировку, очистку сырьевых материалов, поддержание температур на уровне выше 850° С, использование систем дожигания отходящих газов с их резким последующим охлаждением, адсорбционной очисткой активированным углем и обеспыливанием тканевыми фильтрами.

Уровни эксплуатационной эффективности по выбросам в атмосферу ПХДД/ПХДФ, соответствующие наилучшим имеющимся методам и наилучшим видам природоохранной деятельности для печей вторичной выплавки меди: < 0,5 нг I-TEQ/нм<sup>3</sup> (при рабочих концентрациях кислорода).

#### 1. Описание технологического процесса

Выплавка вторичной меди реализуется пирометаллургическими процессами, зависящими от содержания меди в загружаемом сырье, гранулометрического состава сырья и других факторов. Источниками вторичного сырья служат медный лом, шлам, металлолом компьютеров, наиболее бедная часть концентрата из отсадочных машин нефтеперерабатывающих заводов и полупродукты. Эти материалы могут содержать органические вещества, например, в защитных покрытиях или смазке, и с учетом этого технологические схемы металлургических установок предусматривают применение методов обезжиривания и удаления покрытий либо системы обезвреживания газовых выбросов плавильных печей (European Commission, 2001, стр. 201-202). Медь может многократно подвергаться рекуперации без потери присущих ей качеств.

Ниже приводится выдержка из отчета Агентства по охране окружающей среды Соединенных Штатов Америки (EPA, 1995) «*Выплавка, рафинирование и легирование вторичной меди*».

«Процесс извлечения вторичной меди подразделяется на 4 отдельных операции: предварительная обработка, выплавка, легирование и разливка. Предварительная обработка включает в себя очистку и уплотнение лома, подготавливаемого к плавке. Выплавка включает операции нагрева и обработки лома для выделения и очистки определенных металлов. Легирование состоит в добавлении к меди одного или нескольких иных металлов с целью получения желательных свойств, характерных для сочетания металлов.

Предварительная обработка лома может осуществляться вручную, механическими, пирометаллургическими и гидрометаллургическими методами. Ручные и механические методы включают в себя сортировку, снятие покрытия, измельчение и магнитную сепарацию. Пирометаллургическая предварительная обработка может

включать в себя выплавку (разделение различных металлов медленным ступенчатым изменением температуры печи для расплавления каждого металла по отдельности), сжигание изоляции медных проводов и сушку во вращающихся печах для испарения смазки и других органических веществ. Гидрометаллургические методы предварительной обработки используют процессы флотации и выщелачивания для получения меди из шлама – побочного продукта электролитического рафинирования.

Плавка низкокачественного медного лома начинается с его расплавления в шахтной или вращающейся печи; в результате получают медь с примесями и шлак. В случае плавки в шахтной печи полученную медь загружают в конвертер, повышающий степень чистоты до 80-90%, а затем в отражательную печь, где достигается 99%-ная чистота меди. В этих печах огневого рафинирования к меди добавляется флюс, и через смесь снизу вверх продувается воздух для окисления загрязняющих примесей.

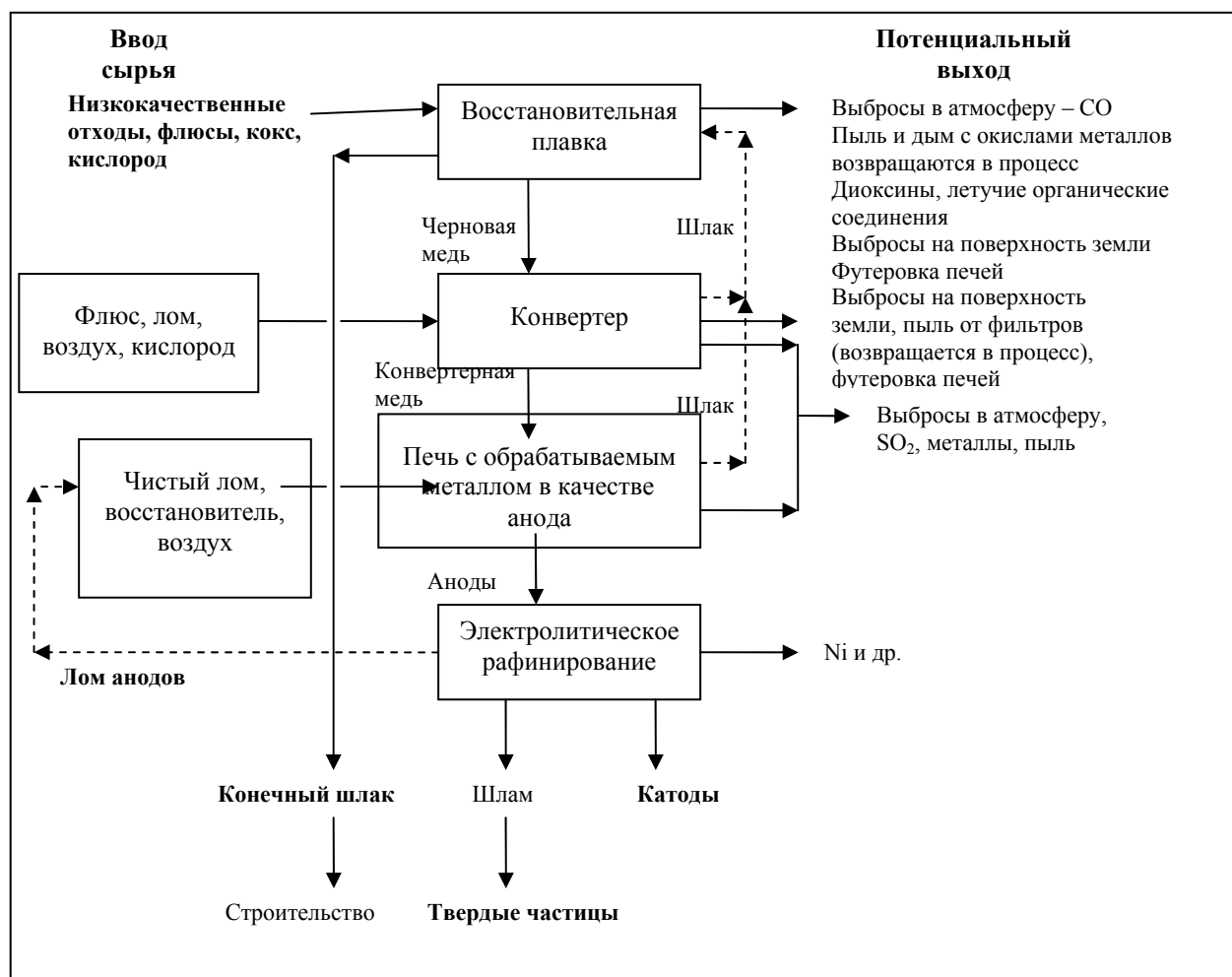
После этого примеси, образующие шлак, удаляют. Далее, после ввода восстановителей в атмосферу печи, оксид меди (CuO) преобразуется в медь. Медь огневого рафинирования разливают в формы анодов, используемых в процессе электролиза. Аноды погружают в раствор серной кислоты, содержащий сульфат меди. Медь, растворяющаяся с анодов, отлагается на катоде. Затем катодную медь со степенью чистоты порядка 99,99% извлекают и подвергают переплавке. Шахтную печь и конвертер можно исключить из процесса, если среднее содержание меди в используемом ломе превышает примерно 90%.

При легировании лом, содержащий медь, загружают в плавильную печь с добавкой одного или нескольких других металлов, таких, как олово, цинк, серебро, свинец, алюминий или никель. Для удаления примесей и защиты расплава от окисления воздухом добавляют флюсы. Воздух или чистый кислород можно продувать через расплав для коррекции его состава окислением избыточного цинка. Процесс легирования в некотором смысле противоположен описанным выше процессам плавки и рафинирования, обеспечивающим получение относительно чистой меди.

Заключительной стадией процесса извлечения является отливка продукции, состоящей из легированного или рафинированного металла. Расплавленный металл разливают в формы из ковшей или небольших питающих воронок, выполняющих функцию регуляторов потока. В ассортимент продукции входят дробь, заготовки для проволоки, аноды, катоды, слитки и другие виды фасонного литья».

На рис. 1 процесс представлен в схематической форме.

Рисунок 1. Выплавка вторичной меди



Источник: European Commission, 2001, стр. 217

Рекуперация металлов на ремесленных и малых предприятиях может быть весьма значимой, особенно для развивающихся стран и стран с переходной экономикой. Такие производства могут вносить серьезный вклад в загрязнение окружающей среды и оказывать негативное воздействие на здоровье человека. Например, выплавка цинка в условиях ремесленного производства является важным источником выброса ртути в атмосферу. Технология плавки как цинка, так и ртути проста – руда нагревается в печи в течение нескольких часов, в результате получается металлический цинк и жидкая ртуть. Во многих случаях на таких металлургических предприятиях вообще не устанавливают никаких устройств для очистки и контроля выбросов в окружающую среду. Среди прочих металлов, которые также вторично выплавляются в условиях ремесленного производства и малых предприятий, можно назвать сурьму, железо, олово, марганец, цинк, вольфрам, золото, серебро, медь и алюминий.

Такая практика не относится к наилучшим имеющимся методам или наилучшим видам природоохранной деятельности. Однако, в процессе такого производства должна обеспечиваться как минимум надлежащая вентиляция и соблюдаться правила обращения с материалами.

## **2. Источники химических веществ, перечисленных в Приложении С Стокгольмской конвенции**

Образование полихлорированных дибензо-*p*-диоксинов (ПХДД) и полихлорированных дибензофуранов (ПХДФ), по-видимому, объясняется наличием углерода, кислорода, предшественников хлора (из поступающего сырья и топлива), а также высоко активного медного катализатора, выделяющегося из пластмасс и следов масел в сырьевом материале в системе, где могут формироваться идеальные условия образования означенных загрязнителей при температурах 200° – 450° С при высоком содержании твердых частиц и длительном времени пребывания. Поскольку медь является наиболее эффективным катализатором образования ПХДД/ПХДФ, выплавка меди дает основания для серьезных опасений.

### **2.1. Общие сведения о выбросах из печей для выплавки вторичной меди**

Выбросы в атмосферу состоят из оксидов азота (NO<sub>x</sub>), монооксида углерода (СО), металлической пыли и соединений металлов, органических соединений углерода и СО<sub>2</sub>. Отходящие газы обычно содержат мало или совсем не содержат диоксида серы (SO<sub>2</sub>), если из сырья по возможности отбракованы сернистые материалы. Наибольшее количество атмосферных выбросов генерируется в процессах обработки лома и выплавки металла. Пыль и соединения металлов выделяются в большинстве стадий процесса и с наибольшей вероятностью попадают в состав неорганизованных выбросов во время операций загрузки сырья и выпуска плавки. Твердые частицы удаляются из собранных и охлажденных газообразных продуктов сгорания электростатическими или тканевыми фильтрами. В конвертерном процессе и на стадиях рафинирования, где имеют место периодические процессы, благоприятствующие воздухообмену, применяются дымоотводящие каминны. Содержание NO<sub>x</sub> в выбросах снижается до минимума при использовании горелок с низким выходом оксидов азота, а СО сгорает в дожигателях углеводородов. Системы мониторинга горелок позволяют свести к минимуму выделение СО в процессе плавки (European Commission, 2001, стр. 218-229).

### **2.2. Выбросы в атмосферу ПХДД/ПХДФ**

ПХДД/ПХДФ образуются при выплавке благородных металлов в результате неполного сгорания топлива или возникают в процессах *de novo* синтеза при наличии в сырьевом материале органических и хлорсодержащих соединений, например таких, как масла и пластмассы. Вторичное сырье часто состоит из загрязненного металлолома.

Процесс описан в документе European Commission, 2001, стр. 133:

«ПХДД/ПХДФ или продукты предшествующих стадий процесса их образования могут присутствовать в некоторых видах сырья и, кроме того, существует возможность *de novo* синтеза этих веществ в печах или системах поглощения загрязнений. ПХДД/ПХДФ легко адсорбируются твердыми веществами и могут накапливаться во всех субстратах окружающей среды, например таких, как пыль, твердые вещества, выделяемые из газового потока скруббером, и пыль, улавливаемая фильтрами.

При наличии масел и других органических веществ в металлоломе или иных источниках углерода (неполностью сгоревшие топлива и восстановители, например кокс) и температурах в диапазоне 250° – 500° С могут формироваться мелкие частицы углерода, реагирующие с хлорсодержащими неорганическими веществами или органически связанным хлором с образованием ПХДД/ПХДФ. Этот процесс, известный как «*de novo* синтез», катализируется при наличии таких металлов, как медь или железо.

Хотя ПХДД/ПХДФ разрушаются при высоких температурах (свыше 850° С) в присутствии кислорода, процесс синтеза *de novo* тем не менее возможен, так как газы при охлаждении проходят через так называемое «окно преобразования». Это

окно может существовать в системах обезвреживания выбросов и относительно холодных частях печи, а именно в зоне загрузки сырья. При проектировании систем охлаждения обращается особое внимание на минимизацию времени пребывания газов в зоне температур, где возможен *de novo* синтез вредных веществ».

### **2.3. Выбросы в другие среды**

Техническая вода, поверхностные воды и охлаждающая вода могут быть загрязнены взвешенными твердыми частицами, соединениями металлов и маслами, а также химическими веществами, перечисленными в Приложении С к Стокгольмской конвенции. В большинстве случаев техническая вода и охлаждающая вода циркулируют в замкнутых контурах. Сточные воды перед сбросом должны подвергаться очистке надлежащими методами. Побочные и остаточные продукты зачастую возвращают в процесс, так как они содержат доступные для извлечения количества меди и других цветных металлов. Отходы обычно состоят из кислых шламов, для сброса которых отводится специальная площадка. Необходимо обеспечить должное удаление шламов и остатков из очистного оборудования с тем, чтобы свести к минимуму воздействие меди и диоксинов на окружающую среду. Любой переход на новый процесс должен тщательным образом оцениваться с точки зрения средств сокращения и контроля выбросов химических веществ, перечисленных в Приложении С к Стокгольмской конвенции.

## **3. Рекомендуемые технологические процессы**

Технологическая подготовка производства и структура технологического процесса могут варьироваться в зависимости от характеристик загружаемого материала и методов контроля качества. Наилучшими имеющимися методами плавки и восстановления металла признаны методы, основанные на использовании шахтной печи, малой (полностью герметизированной) плавильной печи, вращающейся печи с верхним дутьем, герметичной дуговой электропечи с закрытой дугой и технологии плавки, одобренной Международной ассоциацией по стандартизации (ISA). Наилучшими известными методами конвертерной плавки являются методы, основанные на использовании вращающейся (полностью герметизированной) печи с верхним дутьем и цилиндрического конвертера. Дуговая электропечь с закрытой дугой герметизирована и является экологически более чистой по сравнению с другими печами и конвертерами при условии, что система газоудаления правильно рассчитана и сконструирована.

Использование доменных печей для плавки лома становится все менее популярным вследствие стоимости мер по предотвращению загрязнения окружающей среды, и все шире используются шахтные печи без подачи угля/кокса.

Чистый медный лом, свободный от органических загрязнителей, пригоден для переработки в отражательной подовой печи, шахтной печи с вангрессом или с применением технологического оборудования непрерывной плавки. Эти процессы переработки признаны наилучшими имеющимися методами по структуре технологической схемы с надлежащими системами сбора и очистки отходящих газов.

Информация об альтернативных процессах выплавки вторичной меди отсутствует.

## **4. Основные и дополнительные меры**

Ниже рассмотрены основные и дополнительные меры, направленные на сокращение и ликвидацию выбросов ПХДД/ПХДФ.

### **4.1. Основные меры**

Основные меры – это методы предотвращения загрязнения, ставящие целью сокращение или ликвидацию образования и выброса стойких органических загрязнителей. К основным мерам относятся:

#### **4.1.1. Предварительная сортировка загружаемого материала**

Чтобы уменьшить образование химических веществ, перечисленных в Приложении С, в процессах неполного сгорания или de novo синтеза вредных веществ, следует по возможности не допускать присутствия масел, пластмасс и соединений хлора в загружаемом материале. Загружаемый материал подлежит сортировке по составу и наличию возможных загрязнителей. Методы хранения, перевалки и предварительной обработки диктуются гранулометрией и степенью загрязнения загружаемого материала.

Подлежат рассмотрению следующие методы (European Commission, 2001, стр. 232):

- Удаление масел из сырья (например, в процессах термического удаления покрытий и обезжиривания с последующим дожиганием для разрушения всех органических веществ, присутствующих в отходящих газах);
- Применение методов измельчения и размола в сочетании с эффективным пылеудалением и пылеулавливанием. Получаемый мелкодисперсный материал может быть направлен на переработку для извлечения ценных металлов методами плотностной или пневматической сепарации;
- Устранение пластмасс зачисткой изоляции кабелей (например, с применением криогенной техники для придания хрупкости и легкого отделения пластмасс);
- Тщательное перемешивание исходного материала для получения однородной сырьевой массы, что способствует установлению стационарного режима переработки.
- Дополнительными методиками обезжиривания являются применение растворителей и щелочная очистка. Для снятия изоляции кабелей может использоваться криогенная зачистка.
- Промывание водным раствором детергентов также может рассматриваться как дополнительная методика обезжиривания. Таким образом можно также удалить загрязняющие масла.

#### **4.1.2. Эффективное управление технологическим процессом**

Системы управления технологическим процессом должны обеспечивать стабильность процесса и функционировать в диапазоне параметров, благоприятных для минимизации образования ПХДД/ПХДФ, например, поддерживать температуры печи 850° С для разрушения ПХДД/ПХДФ. В идеальном случае для планирования мер по снижению выбросов ПХДД/ПХДФ требовался бы непрерывный мониторинг этих выбросов. Однако на практике такой мониторинг осуществляется только в единичных случаях (например, на мусоросжигательных установках), и исследования применимости этой методики к другим источникам еще продолжаются. В отсутствие непрерывного мониторинга ПХДД/ПХДФ планирование мер по уменьшению выбросов ПХДД/ПХДФ требует непрерывного мониторинга и стабилизации температуры, времени пребывания реагирующих веществ в активной зоне, состава газовых выбросов, а также автоматического управления заслонкой дымоотводящего камина.

#### **4.2. Дополнительные меры**

К дополнительным мерам относятся методы борьбы с загрязнением среды. Эти методы не устраняют образования загрязнителей, но служат для ограничения и предотвращения выбросов в атмосферу.

##### **4.2.1. Улавливание дыма и газов**

Выбросы в атмосферу должны контролироваться на всех стадиях технологического процесса, от погрузочно-разгрузочных операций, плавки и операций в точках массопередачи до контроля потенциальных выбросов химических веществ, перечисленных в Приложении С. Герметизированные печи наиболее эффективно ограничивают выбросы летучих веществ,



в то же время обеспечивая регенерацию теплоты и сбор отходящих газов для повторного использования в процессе. Правильное конструирование и расчет газовытяжных устройств и газоходов существенно влияют на эффективность улавливания отходящих газов и дыма. Может оказаться необходимым устройство внешней оболочки печи или реактора. Если непосредственный отвод дымо- и газовыделений и устройство вентиляционного укрытия неосуществимы, внешняя оболочка печи должна обеспечить возможность удаления, обработки и выброса вентиляционного воздуха. Организация сбора отходящих газов и дыма на уровне свода металлургических установок нежелательна ввиду высоких энергетических затрат. Применение микропроцессорных устройств управления заслонками газоходов может повысить эффективность улавливания дыма и газов, позволит уменьшить размеры вентиляторов и, следовательно, снизить затраты. Герметизированные загрузочные тележки или скипы, применяемые в отражательных печах, могут значительно уменьшить объем неорганизованных выбросов в атмосферу, локализуя выбросы при загрузке сырья (European Commission, 2001, стр. 187-188).

#### **4.2.2. Высокоэффективное пылеудаление**

В процессе плавки образуются большие количества дисперсного вещества с большой площадью поверхности частиц, способных к адсорбции химических веществ, перечисленных в Приложении С. Эти пыли и соединения металлов следует удалять для уменьшения выбросов химических веществ, перечисленных в Приложении С. Наиболее эффективны тканевые фильтры, но следует также рассмотреть возможность применения мокрых или сухих скрубберов и керамических фильтров. Собранная пыль подлежит обработке в высокотемпературных печах для уничтожения ПХДД/ПХДФ и регенерации металлов.

Фильтры из тканых материалов должны находиться под постоянным наблюдением, осуществляемым специальными устройствами, обнаруживающими отказ рукавов пылеуловителей. Используются также методы очистки фильтров без перерыва их эксплуатации и применения каталитических покрытий тканевых фильтров для разрушения ПХДД/ПХДФ (European Commission, 2001, стр. 139-140).

#### **4.2.3. Дожигатели и водяное охлаждение**

Дожигатели (устанавливаемые после камеры сгорания) следует применять при минимальной температуре 950° С для обеспечения полного сгорания органических соединений (Hübner et al., 2000). За этой стадией должно следовать резкое охлаждение горячих газов до температур ниже 250° С. Вдувание кислорода в верхнюю зону печи способствует полному сгоранию топлива (European Commission, 2001, стр. 189). Дальнейшая информация по оптимальным температурным режимам предоставлена в Разделе I.

Было отмечено, что ПХДД/ПХДФ образуются при температуре 250 – 500° С. Несмотря на то, что ПХДД/ПХДФ разрушаются при высокой температуре (выше 850° С) в присутствии кислорода, процесс *de novo* синтеза, тем не менее, возможен, так как газы при охлаждении проходят через так называемое «окно преобразования» в системах очистки и более холодных зонах печи, где в то же время могут присутствовать необходимые предшественники и металлические катализаторы. Чтобы свести к минимуму время пребывания отходящих газов в зоне температур *de novo* синтеза необходимо обеспечить надлежащее функционирование систем охлаждения (European Commission, 2001, стр. 133).

#### **4.2.4. Адсорбция на активированном угле**

Для удаления химических веществ, перечисленных в Приложении С, из отходящих газов плавильной печи может быть применен метод очистки активированным углем. Активированный уголь имеет большую площадь поверхности, способной адсорбировать ПХДД/ПХДФ. Для очистки отходящих газов можно применять реакторы с неподвижным или подвижным слоем катализатора. Возможен также впрыск в газовый поток угольной пыли, улавливаемой затем тканевыми фильтрами высокоэффективных систем пылеудаления.

## 5. Новые исследования

Каталитическое окисление лежит в основе новой технологии, применяемой в мусоросжигательных установках для сокращения выбросов ПХДД/ПХДФ. Этот процесс доказал свою эффективность по разрушению ПХДД/ПХДФ в мусоросжигательных установках, что позволяет считать его перспективным для использования в печах вторичной выплавки неблагородных металлов. Однако, при каталитическом окислении может происходить загрязнение остаточными металлами и иными загрязнителями, содержащимися в выхлопных газах. Поэтому прежде, чем применять этот процесс в металлургии, необходимо провести серьезную работу по оценке и подтверждению применимости метода.

В результате каталитического окисления органические соединения преобразуются в воду, диоксид углерода ( $\text{CO}_2$ ) и соляную кислоту; катализатор из драгоценного металла повышает скорость реакции в диапазоне температур от  $370^\circ\text{C}$  до  $450^\circ\text{C}$ . Для сравнения отметим, что сжигание отходов обычно происходит при  $980^\circ\text{C}$ . Показано, что каталитическое окисление разрушает ПХДД/ПХДФ с более коротким временем пребывания реагирующих веществ в активной зоне, меньшим расходом энергии и эффективностью  $>99\%$ . Для достижения оптимальной эффективности процесса из отходящих газов перед каталитическим окислением следует удалить твердые частицы. Этот метод эффективен в применении к паровой фазе загрязнителей. Получаемая соляная кислота подвергается очистке в скруббере, а вода и  $\text{CO}_2$  после охлаждения выбрасываются в атмосферу (Parvesse, 2001).

Тканевые фильтры, применяемые для улавливания пыли, также можно снабдить каталитическим покрытием, способствующим окислению органических соединений при повышенной температуре.

## 6. Сводная таблица рекомендуемых мер

**Таблица 1. Меры по рекомендуемым процессам на предприятиях с новыми печами для выплавки вторичной меди**

Меры	Описание	Рекомендуемые процессы	Примечания
Внедрение рекомендуемых процессов	Для применения в новых установках следует рассмотреть различные рекомендуемые процессы плавки	Необходимо рассмотреть процессы, основанные на использовании следующих видов оборудования: <ul style="list-style-type: none"> <li>Шахтная печь, малая плавильная печь, вращающаяся печь с верхним дутьем, герметизированная электропечь с закрытой дугой, технология плавки ISA, цилиндрический конвертер</li> <li>Отражательная подовая печь, шахтная печь с вангрессом и оборудование непрерывной плавки для переработки чистого медного лома, свободного от органических загрязнений</li> </ul>	Перечисленные виды оборудования, в сочетании с надлежащими системами отвода и очистки дымовых газов, составляют наилучшие имеющиеся методы. Электропечь с закрытой дугой герметизирована и является экологически более чистой в сравнении с плавильными печами других типов при условии, что система газоудаления правильно рассчитана и сконструирована

**Таблица 2. Обзор основных и дополнительных мер, рекомендуемых для установок по выплавке вторичной меди**

Меры	Описание	Рекомендуемые процессы	Примечания
<b>Основные меры</b>			
Предварительная сортировка загружаемого материала	Следует по возможности не допускать присутствия масел, пластмасс, органических материалов и соединений хлора в загружаемом материале, чтобы ограничить образование ПХДД/ПХДФ при неполном сгорании или синтез de novo этих загрязнителей	Рассмотреть процессы: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Жесткий контроль за источниками материалов</li> <li>• Удаление масел из загружаемого материала</li> <li>• Применение методов измельчения и размола в сочетании с эффективным пылеудалением и пылеулавливанием</li> <li>• Устранение пластмасс снятием изоляции кабелей</li> </ul>	Термические процессы удаления покрытий и обезжиривания должны дополняться последующим дожиганием для разрушения всех органических веществ в отходящих газах
Эффективное управление процессом	Обеспечение надлежащего сгорания Системы управления технологическим процессом должны обеспечивать стабильность процесса и функционировать в диапазоне параметров, способствующих минимизации образования химических веществ, перечисленных в Приложении С	После стабилизации режима, оптимального по ограничению выбросов ПХДД/ПХДФ, минимизация выбросов ПХДД/ПХДФ может быть достигнута управлением такими параметрами, как температура, время пребывания реагирующих веществ в активной зоне, контролем состава газовых выбросов, и автоматическим управлением заслонкой дымоотводящего камина	Непрерывный мониторинг выбросов с анализом на ПХДД/ПХДФ проводился в некоторых отраслях промышленности (например, на мусоросжигательных установках), но исследования по применимости к другим источникам еще продолжаются
<b>Дополнительные меры</b>			
Улавливание дыма и газов	Эффективное улавливание дыма и газов должно осуществляться с целью контроля выбросов ПХДД/ПХДФ на всех стадиях процесса плавки	Рассмотреть процессы: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Применение герметизированных печей для локализации неорганизованных выбросов в атмосферу с регенерацией тепла и сбором отходящих газов. Может потребоваться устройство внешней оболочки печи или реактора.</li> <li>• Правильный расчет и конструирование газовытяжных устройств и газоходов для обеспечения улавливания дымов</li> </ul>	Организация сбора отходящих газов и дыма на уровне свода металлургических установок нежелательна ввиду высоких энергетических затрат
Высоко-эффективное пылеудаление	Пыли и соединения металлов следует удалять, так как эти дисперсные материалы имеют большую	Рассмотреть процессы: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Применение тканевых фильтров (наиболее эффективный метод)</li> </ul>	Пылеудаление должно сопровождаться последующим дожиганием и охлаждением отходящих

Меры	Описание	Рекомендуемые процессы	Примечания
	площадь поверхности, легко адсорбирующей ПХДД/ПХДФ. Удаление этих пылей способствует уменьшению выбросов ПХДД/ПХДФ в атмосферу	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Применение мокрых или сухих скрубберов и керамических фильтров</li> </ul>	газов. Уловленная пыль подлежит переработке в высокотемпературных печах для разрушения ПХДД/ПХДФ и регенерации металлов
Дожигатели и водяное охлаждение	Дожигатели следует применять при температурах выше 950° С для обеспечения полного сгорания органических соединений. За этой стадией должно следовать быстрое охлаждение горячих газов до температур ниже 250°С	Надлежит рассмотреть: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Процессы образования ПХДД/ПХДФ при 250° – 500° С и их разрушения при температурах выше 850° С в присутствии O<sub>2</sub></li> <li>• Требуемое для полного сгорания количество O<sub>2</sub> в верхней зоне печи</li> <li>• Потребность в надлежащих системах охлаждения для минимизации времени пребывания реагирующих веществ в зоне нежелательных химических преобразований</li> </ul>	Синтез de novo загрязнителей все еще возможен, поскольку при охлаждении газы проходят через температурное «окно преобразования»
Адсорбция на активированном угле	Следует рассмотреть возможность применения метода очистки активированным углем, так как этот материал, имеющий большую площадь поверхности, является идеальной средой, способной адсорбировать ПХДД/ПХДФ из отходящих газов плавильной печи	Рассмотреть процессы: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Обработка активированным углем в реакторах с неподвижным или подвижным слоем катализатора</li> <li>• Впрыск в газовый поток угольной пыли, улавливаемой затем тканевыми фильтрами</li> </ul>	Возможно также применение известково-угольных смесей
<b>Новые исследования</b>			
Каталитическое окисление	Каталитическое окисление лежит в основе новой технологии для источников в данном секторе (эффективность технологии показана для мусоросжигательных установок), возможность применения которой следует рассмотреть ввиду ее высокой эффективности и низкого энергопотребления. Процесс каталитического окисления преобразует органические	Надлежит рассмотреть: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Эффективность процесса в применении к паровой фазе загрязнителей</li> <li>• Процесс очистки получаемой соляной кислоты в скрубберах с выбросом воды и CO<sub>2</sub> в атмосферу после их охлаждения</li> <li>• Сложность процесса, чувствительность к составу отходящих газов, высокие издержки</li> </ul>	Показано, что каталитическое окисление разрушает ПХДД/ПХДФ с более коротким временем пребывания реагирующих веществ в активной зоне, меньшим расходом энергии и эффективностью >99%. Для обеспечения оптимальной эффективности процесса из отходящих газов перед каталитическим окислением следует

Меры	Описание	Рекомендуемые процессы	Примечания
	соединения в воду, CO <sub>2</sub> и соляную кислоту в присутствии катализатора из драгоценных металлов		удалить твердые частицы

## 7. Эксплуатационные уровни, соответствующие наилучшим имеющимся методам и наилучшим видам природоохранной деятельности

Эксплуатационные уровни по выбросам в атмосферу ПХДД/ПХДФ, соответствующие наилучшим имеющимся методам и наилучшим видам природоохранной деятельности для выплавки вторичной меди составляют менее 0,5 нг I-TEQ/нм<sup>3</sup> (при рабочих концентрациях кислорода).

### Ссылки на литературу

EPA (United States Environmental Protection Agency). 1995. *Secondary Copper Smelting, Refining and Alloying*. Background Report AP-42, Section 12.9. [www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch12/final/c12s09.pdf](http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch12/final/c12s09.pdf).

European Commission. 2001. *Reference Document on Best Available Techniques in the Non-Ferrous Metals Industries*. BAT Reference Document (BREF). European IPPC Bureau, Seville, Spain. [eippcb.jrc.es](http://eippcb.jrc.es).

Hübner C., Boos R., Bohlmann J., Burtscher K. and Wiesenberger H. 2000. *State-of-the-Art Measures for Dioxin Reduction in Austria*. Vienna. [www.ubavie.gv.at/publikationen/Mono/M116s.htm](http://www.ubavie.gv.at/publikationen/Mono/M116s.htm).

Parvesse T. 2001. "Controlling Emissions from Halogenated Solvents." *Chemical Processing* 64(4):48–51.

### Другие источники

Gunson A.J. and Jian Y. 2001. *Artisanal Mining in The People's Republic of China*. Mining, Minerals and Sustainable Development (MMSD), International Institute for Environment and Development (IIED), September 2001.

UNEP (United Nations Environment Programme). UNEP News Centre. [www.unep.org/Documents.Multilingual/Default.asp?DocumentID=284&ArticleID=3204&l=en](http://www.unep.org/Documents.Multilingual/Default.asp?DocumentID=284&ArticleID=3204&l=en), as read on 20 January 2006.

Xinbin F., Guangle Q., Guanghui L., Ping L. and Shaofeng W. 2005. "Mercury Emissions from Artisanal Zinc and Mercury Smelting in Guizhou, PR China." *Goldschmidt Conference Abstracts 2005: The Geochemistry of Mercury* p. A705.

Xinbin F., Xianwu B., Guangle Q., Guanghui L. and Shunlin T. *Mercury Pollution in Guizhou, China: A Status Report*. [pbc.eastwestcenter.org/abstracts2005/abstract2005fengxinbin.htm](http://pbc.eastwestcenter.org/abstracts2005/abstract2005fengxinbin.htm), as read on 29 December 2005.

## (ii) Агломерационные установки на предприятиях чугунной и сталелитейной промышленности

### Резюме

Агломерационные установки осуществляют предварительную обработку сырья в производстве железа и чугуна. В этом процессе мелкие частицы железных руд, а на некоторых предприятиях также отходы оксидов вторичного железа (уловленная пыль, вторичная окалина) подвергаются агломерации путем спекания. Агломерация происходит при нагреве мелкоизмельченной железной руды с флюсом и мелкими фракциями кокса или угля. В результате возникает полурасплавленная масса, при затвердевании образующая пористые куски агломерата, по размерам и прочности удовлетворяющие требованиям подачи в доменную печь.

Можно предположить, что в процессе агломерации железной руды химические вещества, перечисленные в Приложении С, являются в основном продуктом *de novo* синтеза. Как правило, в отходящих газах агломерационных установок преобладает ПХДФ. Механизм образования ПХДД/ПХДФ, по-видимому, берет начало в верхних зонах слоя агломерата вскоре после розжига, а затем диоксины/фураны и другие соединения конденсируются на более холодной шихте нижележащей зоны в период, когда слой агломерата перемещается с агломерационной лентой к точке прожога.

Основными мерами по предупреждению или минимизация образования ПХДД/ПХДФ в процессе агломерации являются: обеспечение стабильной и устойчивой работы агломерационной установки, непрерывный мониторинг параметров, рециркуляция отходящих газов, минимальное использование сырья, содержащего стойкие органические загрязнители или вещества-предшественники таких загрязнителей, и подготовка загружаемого сырьевого материала.

Дополнительные меры предупреждения или уменьшения выбросов ПХДД/ПХДФ от процесса агломерации железных руд включают в себя адсорбционную / десорбционную очистку (например, вводом активированного угля), подавление образования таких загрязнителей путем добавления мочевины, и высокоэффективное обеспыливание отходящих газов, а также их очистку в орошаемых скрубберах, в сочетании с эффективной очисткой сточных вод от скрубберов и удалением осадка сточных вод в безопасных захоронениях.

Эксплуатационные уровни по выбросам в атмосферу ПХДД/ПХДФ агломерационными установками, соотносимые с наилучшими имеющимися методами и наилучшими видами природоохранной деятельности, составляют  $<0,2 \text{ нг I-TEQ/нм}^3$  (при рабочих концентрациях кислорода)

### 1. Описание технологического процесса

Железорудные агломерационные установки, связанные с производством железа и стали, часто входят в состав металлургических комбинатов полного цикла. Процесс агломерации является ступенью предварительной обработки сырья в производстве железа и чугуна; в этом процессе мелкие частицы железных руд, а на некоторых предприятиях также отходы оксидов вторичного железа (уловленная пыль, вторичная окалина) подвергаются агломерации путем спекания. Подаваемые сырьевые материалы, также как и объем агломерата, подаваемого в доменную печь, могут варьироваться; обычно в Европе пропорция агломерата в загружаемой в печь массе выше, чем в Северной Америке. Агломерация мелких частиц необходима для пропуска горячих газов при последующем

прохождении материала через шахтную печь (Программа Объединенных Наций по окружающей среде – UNEP, 2003, стр. 60).

Агломерация происходит при нагреве мелкоизмельченной железной руды с флюсом и мелкими фракциями кокса или угля. В результате возникает полурасплавленная масса, при затвердевании образующая пористые куски агломерата, по размерам и прочности удовлетворяющие требованиям подачи в доменную печь. Увлажненный материал поступает слоем на непрерывно движущуюся агломерационную решетку или ленту. При пуске ленты поверхность накаляется газовыми горелками, а через движущийся слой материала продувается воздух, в котором загорается топливо. Скорость ленты и расход газа регулируются так, чтобы прожог (т.е. момент достижения основания ленты горячим слоем топлива) происходил непосредственно перед выгрузкой агломерата. После этого застывший агломерат измельчается на куски в дробилке и охлаждается воздухом. Продукт, не удовлетворяющий требованиям к размеру кусков, отсеивается. Верхний продукт грохочения подвергается повторному дроблению, нижний продукт возвращается в процесс. Агломерационные установки сталеплавильных заводов утилизируют мелкие фракции железной руды со складов сырья, перегрузочных площадок, из отходов сталелитейного производства и систем контроля за состоянием окружающей среды. Железная руда может подвергаться переработке также на стационарных агломерационных установках рудных карьеров («Environment Canada», 2001, стр. 18).

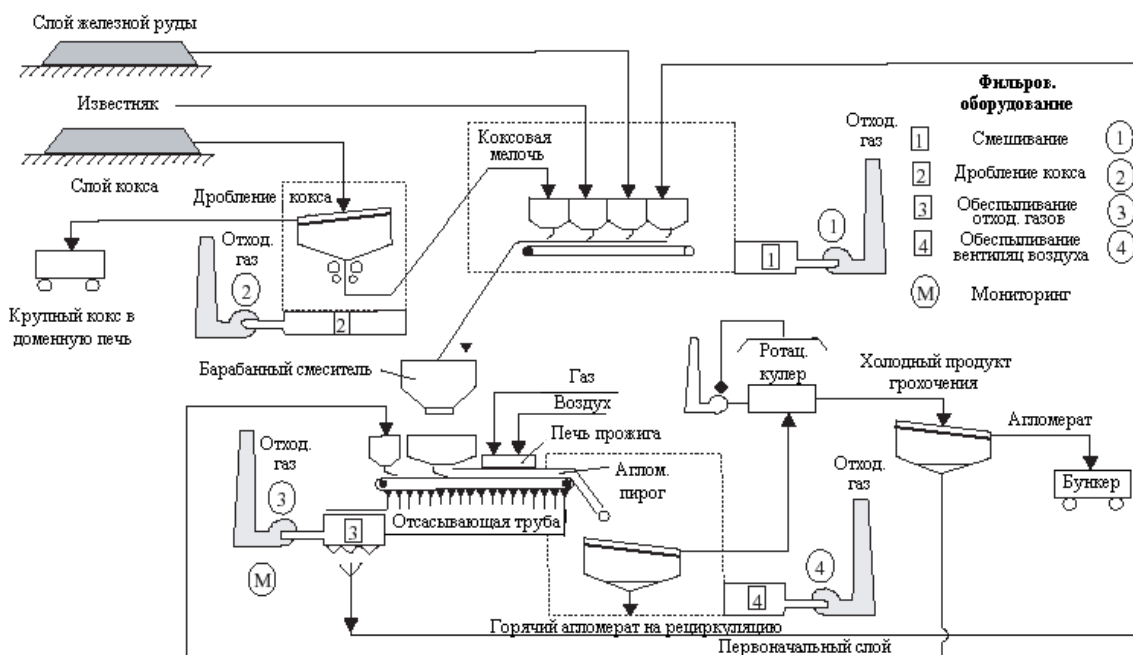
Доменная печь представляет собой вертикальную печь, в которой используются дутьевые фурмы для задувания нагретого или холодного воздуха в печь для обеспечения плавления содержимого. Агломерат загружается в верхней части доменной печи слоями попеременно с коксом.

Гибкость агломерационного процесса позволяет преобразовывать множество материалов, включая мелкие фракции железной руды, уловленную пыль, рудные концентраты и другие мелкодисперсные железосодержащие материалы (например, вторичную окалину), в агломерат, подобный клинкеру (Lankord et al., 1985, стр. 305-306). Виды и объемы рециркулируемых материалов могут значительно варьироваться, что может служить важным фактором при образовании и выбросах химических веществ, перечисленных в Приложении С к Стокгольмской конвенции.

Отходящие газы обычно подвергают очистке от пыли в электростатических фильтрах; в последнее время все шире используются тканевые фильтры и (реже) мокрые скрубберы. Перед любым из таких фильтров может устанавливаться циклон или иное инерционное улавливающее устройство с тем, чтобы снизить нагрузку на конечное устройство улавливания частиц.

На рис. 1 показана схема агломерационной установки на заводе черной металлургии.

Рисунок 1. Схема технологического процесса агломерационной установки



Источник: United Kingdom Environment Agency, 2001

## 2. Источники химических веществ, перечисленных в Приложении С Стокгольмской конвенции

Что касается выбросов химических веществ, перечисленных в Приложении С Стокгольмской конвенции, то процесс агломерации железных руд признан источником выделения ПХДД и ПХДФ. Механизмы образования и выделения гексахлорбензола (ГХБ) и полихлорбифенилов (ПХБ) менее исследованы.

### 2.1. Выбросы в атмосферу

#### 2.1.1. Общая информация о выбросах железорудных агломерационных установок

Нижеприводимая информация заимствована из источника «Environment Canada», 2001, стр. 23–25.

«Выбросы от процессов агломерации возникают главным образом при погрузочно-разгрузочных операциях, происходящих с выделением взвешенной пыли, и при реакции горения на агломерационной ленте. Газообразные продукты сгорания от последнего источника содержат пыль, захваченную непосредственно с ленты вместе с такими продуктами сгорания, как  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_x$ ,  $\text{NO}_x$  и аэрозольные частицы. Концентрация этих веществ изменяется в зависимости от качества топлива и используемых сырьевых материалов и условий горения. Выбросы в атмосферу содержат также летучие органические соединения (ЛОС), образующиеся из летучих материалов в коксовой мелочи, замазанной вторичной окалине и т.д., а также диоксины и фураны, образующиеся из органических веществ в определенных эксплуатационных условиях. Металлы испаряются из используемых сырьевых материалов, а пары кислот образуются из галоидных соединений, присутствующих в сырьевых материалах.

Газообразные продукты сгорания чаще всего подвергают очистке в электростатических фильтрах (ЭФ), существенно понижающих выбросы пыли, но почти не влияющих на выбросы газообразных загрязнителей. Скрубберы с водяным орошением, иногда применяемые в агломерационных установках, могут быть менее эффективными по улавливанию твердых частиц в сравнении с ЭФ, но зато



обеспечивают более высокую степень очистки от газообразных выбросов. Большие количества масел в загружаемом сырье могут создать взрывоопасные условия в ЭФ. Для очистки выбросов, создаваемых процессами дробления и грохочения агломерата, обычно применяют ЭФ или тканевые фильтры. Сбросы сточных вод, включая стоки хранилищ сырья, направляются в водоочистные сооружения, которые могут быть использованы также для очистки сточных вод от доменных печей.

К твердым отходам относят огнеупоры и шлам, получаемый при очистке воды из системы мокрой очистки газовых выбросов. Нижний продукт сортировки агломерата возвращают на агломерационную ленту».

### **2.1.2. Выбросы ПХДД и ПХДФ**

Процессы образования ПХДД/ПХДФ носят сложный характер. Можно предположить, что ПХДД/ПХДФ в процессе агломерации железной руды возникают как продукт *de novo* синтеза. Как правило, в отходящих газах агломерационных установок преобладает ПХДФ (William Lemmon and Associates Ltd., 2004, стр. 20–21).

Механизм образования ПХДД/ПХДФ, по-видимому, берет начало в верхних зонах слоя агломерата вскоре после разжигания, а затем диоксины/фураны и другие соединения конденсируются на более холодной шихте нижележащей зоны в период, когда слой агломерата перемещается с агломерационной лентой к точке прожога. Процесс улетучивания и конденсации продолжается до тех пор, пока температура более холодной нижней зоны шихты не поднимется настолько, что это предотвратит конденсацию и выход ПХДД/ПХДФ с отходящим газом. По-видимому, выброс этих веществ сначала быстро нарастает, достигает максимума непосредственно перед моментом прожога, а затем резко падает до минимума. В ряде исследований достоверность этого предположения подтверждается сопоставлением профиля концентрации диоксина/фурана с профилем температур по длине агломерационной ленты.

Показано, что количество образующихся ПХДД и ПХДФ возрастает с увеличением концентрации углерода и хлора. Углерод и хлориды содержатся в некоторых исходных материалах агломерата, обычно перерабатываемых агломерационной установкой.

### **2.1.3. Интересные результаты исследований**

Есть основания предположить, что состав агломерационной шихты влияет на образование ПХДД/ПХДФ таким образом, что увеличение содержания хлора в шихте сопровождается более интенсивным образованием ПХДД/ПХДФ, при этом вид источника углерода кажется более значимым, чем просто его количество. Замена коксового топлива антрацитом понижает концентрацию ПХДД/ПХДФ.

На выброс фуранов может влиять также форма твердого топлива (еще один потенциальный источник углерода). В японской программе лабораторных исследований чередование угля, графита и активированного кокса позволяло снизить выбросы пентахлордибензофурана приблизительно на 90%.

Рабочие параметры процесса агломерации, по-видимому, влияют на образование ПХДД/ПХДФ (William Lemmon and Associates Ltd., 2004).

## **2.2. Выбросы загрязняющих веществ в другие среды**

Информация о выбросах перечисленных в Приложении С химических веществ, образующихся в процессах агломерации железной руды, в другие среды (например, через сточные воды или уловленную пыль) полностью отсутствует.

## **3. Альтернативные процессы**

В соответствии со Стокгольмской конвенцией, при рассмотрении предложений по строительству новой железорудной агломерационной установки первоочередное внимание следует уделять альтернативным процессам, методам или практике, которые имеют

аналогичную полезность, но при которых предотвращается образование и выброс химических веществ, перечисленных в Приложении С. Применительно к агломерации железной руды необходимо подвергнуть тщательному рассмотрению преимущества агломерации при рециркуляции отходов железа, степень необходимости агломерации при традиционных процессах изготовления чугуна и стали с применением кокса и доменных печей, с учетом различных стадий существующего производства стали и смешанной продукции. Применительно к любым альтернативным процессам должны также тщательно анализироваться экологические преимущества и недостатки предложенных альтернатив. Подробный обзор альтернативных процессов изготовления чугуна и стали приводится в Lockheed Martin Energy Systems, 2000 и Augerman, 2004.

К процессам, альтернативным агломерации железных руд, относятся:

### **3.1. Процессы прямого восстановления**

Эта технология, также известная как прямое восстановление или горячее брикетирование железа, обеспечивает переработку железной руды в железо прямого восстановления, которое может служить исходным материалом для сталеплавильных электродуговых печей, чугуноплавильных доменных печей или сталеплавильных кислородных конвертеров. Природный газ преобразуется в водород и диоксид углерода, причем водород в качестве восстановителя используется для производства железа прямого восстановления. Целесообразность применения этой технологии определяется наличием и стоимостью природного газа.

Разработано два новых процесса прямого восстановления для мелкодробленой железной руды - Circored® and Circofer® - оба процесса являются двух-стадийными, объединяющими технологию циркулирующего псевдоожиженного слоя с технологией кипящего псевдоожиженного слоя. В процессе Circored® в качестве восстанавливающего агента используется водород. Первый завод с применением процесса Circored® был построен в Тринидаде с расчетным объемом производства в 500000 тонн в год железа горячего брикетирования и был запущен в 1999 г. В процессе Circofer® в качестве восстанавливающего агента используется уголь. В некоторых процессах прямого восстановления (например, Fastmet®) в качестве восстанавливающего агента могут использоваться различные источники углерода. Например, уголь, коксовая мелочь и углеродосодержащие отходы сталелитейного производства (пыль доменных печей, шлам, пыль кислородных печей, вторичная окалина, пыль электродуговых печей, агломерационная пыль). В этих процессах происходит преобразование окатышей оксида железа, мелкозернистых оксидов или сталелитейных отходов в металлическое железо, в результате чего получается железо прямого восстановления, пригодное для использования в доменной печи.

Недавно была разработана инновационная технология прямой выплавки с применением воздуха, именуемая HI-процессом выплавки железа. Процесс происходит под давлением в вертикальной конструкции для восстановления плавлением, имеющей выложенный огнеупорной футеровкой металлоприемник и верхнюю зону с водяным охлаждением. Основным преимуществом этого процесса для металлургов является то, что горячий металл производится без коксовых печей и агломерационных установок.

В Lockheed Martin Energy Systems, 2000 сообщается и о других запатентованных технологиях, таких как Tecnored®.

### **3.2. Процессы прямой выплавки**

Прямая выплавка из руды с получением расплавленного чугуна заменяет традиционное сочетание агломерационной установки, коксовой печи и доменной печи. В различных стадиях разработки и внедрения находится целый ряд процессов прямой выплавки.

## 4. Основные и дополнительные меры

Ниже рассмотрены основные и дополнительные меры по уменьшению выбросов ПХДД и ПХДФ в процессах агломерации железных руд. Большая часть этого материала взята из документа компании William Lemmon and Associates Ltd., 2004.

Количественная характеристика уменьшения выбросов, возможного при внедрении одних только основных мер, трудно поддается оценке, поскольку вопрос недостаточно изучен и характеристика выбросов может быть связана с типом производства.

Обзор данных по очистке отходящих газов на агломерационных установках в Европе представлен в Nordic Council et al., июнь 2006. Обзор опыта скандинавских предприятий включен в обзор по наилучшим имеющимся методам в Norden 2006.

### 4.1. Основные меры

К основным мерам принадлежит использование методов предотвращения загрязнения, основанных на предотвращении или минимизации образования и выбросов химических веществ, перечисленных в Приложении С. Часто эти меры называют мерами оптимизации или интеграции процесса. Предотвращение загрязнения определяется следующим образом: *«Применение технологий, методов, материалов, продуктов или энергии для устранения или минимизации образования загрязнителей и отходов и уменьшения общей угрозы здоровью людей или окружающей среде»* (см. Раздел III.В настоящих Руководящих принципов).

Определены основные меры, которые могут способствовать предотвращению и минимизации образования и выброса химических веществ, перечисленных в Приложении С. Количественная характеристика уменьшения выбросов по разным типам предприятий вследствие внедрения одних только основных мер неизвестна и требует определения в ходе будущих исследований. Для обеспечения предельно возможного уменьшения выбросов перечисляемые ниже основные меры рекомендуются к внедрению совместно с надлежащими дополнительными мерами. К числу определенных выше основных мер относятся следующие:

#### 4.1.1. Стабильный режим работы агломерационной ленты

Исследования показали, что ПХДД/ПХДФ образуются в слое шихты на агломерационной ленте, возможно даже, непосредственно перед фронтом пламени, когда горячие газы проходят через этот слой. Нарушения фронта пламени (т.е. нестационарные условия) вызывают увеличение выбросов ПХДД/ПХДФ.

Режим эксплуатации агломерационных лент должен обеспечивать поддержание неизменных, устойчивых условий всего процесса (т.е. обеспечивать работу в стационарном режиме, с минимизацией сбоев процесса) для минимизации образования и выброса ПХДД, ПХДФ и других загрязнителей. Постоянного контроля требуют такие параметры и условия эксплуатации, как скорость агломерационной ленты, состав слоя агломерационной шихты (устойчивый режим подмешивания возвращаемых в процесс материалов, минимизация ввода хлорсодержащих соединений), высота слоя, применение присадок (так, добавление гашеной извести может снизить образование ПХДД/ПХДФ), минимизация содержания масел во вторичной окалине, минимизация инфильтрации воздуха через агломерационную ленту, газоходы и системы кондиционирования отходящих газов, минимизация простоев ленты. Такой подход будет способствовать улучшению эксплуатационных характеристик установки (например, ее производительности, качества агломерата, энергетической эффективности) (European Commission, 2000, стр. 47; Межправительственная группа экспертов по изменению климата IPCC, 2001, стр. 39).

#### 4.1.2. Непрерывный мониторинг параметров

Для обеспечения оптимального режима эксплуатации агломерационной ленты и систем кондиционирования отходящих газов рекомендуется применять систему непрерывного мониторинга параметров. Различные параметры измеряются при контроле выбросов для

определения корреляции между значениями параметров и выбросами из дымовых труб. Выявленные параметры в дальнейшем подвергаются непрерывному мониторингу и сравниваются с их оптимальными значениями. Отклонение параметров может привести в действие аварийную сигнализацию, что позволит принять корректирующие меры для поддержания оптимального режима эксплуатации агломерационной ленты и системы контроля выбросов.

К числу параметров, подлежащих мониторингу, можно отнести настройки положения заслонок, перепад давлений, расход воды через скруббер, среднюю оптическую плотность дыма и скорость ленты.

Операторы железорудных агломерационных установок должны подготовить привязанный к конкретному объекту план непрерывного мониторинга параметров системы, охватывающий оборудование установки, ее технические характеристики, эксплуатацию и техническое обслуживание, обеспечение качества, ведение учета и порядок представления отчетности. Операторы должны вести журналы, документирующие соблюдение установленных требований к мониторингу и выполнение плана работ по эксплуатации и техническому обслуживанию (ЕРА, 2003).

#### **4.1.3. Рециркуляция отходящих газов**

Показано, что рециркуляция отходящих газов снижает до минимума выбросы загрязнителей и уменьшает количество отходящих газов, требующих обезвреживания в конце производственного процесса. Рециркуляция части отходящих газов от всей агломерационной ленты или ее отдельных участков может снизить до минимума образование и выброс загрязнителей. Дальнейшая информация по этой технологии содержится в источниках: Европейское объединение угля и стали (ЕССC), 2003 и European Commission, 2000, стр. 56-62.

Рециркуляция отходящих газов процесса железорудной агломерации способствует уменьшению выбросов ПХДД/ПХДФ, NO<sub>x</sub> и SO<sub>2</sub>. Однако, при этом может также снизиться объем производства, ухудшиться качество агломерата, может повыситься уровень запыления рабочего места и могут ужесточиться требования к техническому обслуживанию. Подобные меры должны очень тщательно продумываться, поскольку их реализация может оказать воздействие на иные аспекты эксплуатации предприятия.

#### **4.1.4. Выбор загружаемого сырьевого материала**

Содержание нежелательных веществ в загружаемом материале агломерационной ленты следует понижать до практически достижимого предела. К нежелательным веществам относятся стойкие органические загрязнители и другие вещества, участвующие в процессах образования ПХДД/ПХДФ, ГХБ и ПХБ (например, хлор и хлориды, углерод, масла и вещества-предшественники). Недостаточный контроль качества загружаемых материалов может также негативно сказаться на режиме эксплуатации доменной печи.

Рекомендуется вести журнал регистрации входных параметров загружаемого материала, характеризующих его состав, структуру и концентрацию веществ, сопутствующих стойким органическим загрязнителям или связанных с их образованием. Следует находить варианты изменения режима для полного или частичного уменьшения содержания нежелательных веществ в загружаемом материале. Например:

- Удаление загрязнителей из сырьевого материала (например, обезжириванием вторичной окалины);
- Замена материала (например, замена коксовой мелочи антрацитом);
- Недопущение использования загрязненного материала (например, недопущение переработки пыли агломерата, уловленной электростатическим фильтром; как было показано, эта пыль увеличивает интенсивность образования и объем выбросов ПХДД/ПХДФ) (Kasai et al., 2001);

- Установление предельно допустимых концентраций нежелательных веществ (например, содержание масел в загружаемом материале не должно превышать 0,02%) (EPA, 2003).

Следует разработать и внедрить документированные процедуры внесения надлежащих изменений.

#### 4.1.5. Подготовка загружаемого сырьевого материала

Тонкодисперсные сырьевые материалы (например, уловленные пыли) перед подачей на агломерационную ленту должны быть окомкованы, а все загружаемые материалы тщательно смешаны и дозированы. Эти меры сводят к минимуму образование загрязнителей, их захват отходящими газами и неорганизованный выброс в атмосферу.

#### 4.1.6. Впрыскивание мочевины

В Великобритании на заводе по агломерации железной руды были проведены тестовые испытания по впрыскиванию мочевины для подавления процесса образования диоксинов и фуранов. Контролируемое количество гранулированной мочевины добавлялось к загруженной на агломерационной ленте массе. Есть мнение, что такая технология предотвращает или сокращает выбросы как ПХДД/ПХДФ, так и диоксида серы. По данным испытаний образование ПХДД/ПХДФ снизилось примерно на 50%. По оценкам 50% сокращение ПХДД/ПХДФ означает достижение концентрации эмиссий в 0,5 нг I-TEQ/м<sup>3</sup>. Необходимые капиталовложения оцениваются в 0,5-1 млн. фунтов стерлингов на одно предприятие (примерно, 0,9-1,8 млн. долларов США) (Entec UK Ltd. 2003, стр. D10–D20).

На ряде европейских агломерационных фабрик также применялось добавление мочевины и, по сообщениям, выбросы ПХДД/ПХДФ снижались до 50% при добавлении небольших количеств мочевины в агломерационную смесь (Hartig, Steden and Lin, 2005). Однако также сообщалось о том, что процесс сопровождался повышением содержания пыли, NO<sub>x</sub> и NH<sub>3</sub> в отходящих газах после очистки (по-видимому, при использовании существующих систем контроля и очистки загрязнения воздуха). Также, в то время как на одних предприятиях отмечалось значимое сокращение выбросов SO<sub>2</sub>, в отчетах других предприятий говорилось о том, что результаты по выбросам SO<sub>2</sub> при использовании традиционных методов измерения могут быть неточными вследствие влияния соединений аммиака. Однако в полученных данных не было сообщений о попытках оптимизации и модификации систем предотвращения и контроля загрязнения воздуха применительно к различным загрязнителям. По данным за декабрь 2005 года ни один член Европейской Промышленной Ассоциации не использовал технологию добавок мочевины в производственном процессе.

На единственной агломерационной фабрике в Канаде (г.Гамильтон, Онтарио), оператором которой является компания Stelco Inc., проводились испытания по внедрению нового аналогичного процесса для снижения выбросов диоксинов. Испытания показали, что герметизация печи для снижения объема кислорода и добавление небольшого количества мочевины позволяют нарушить химическую реакцию образования диоксинов, в результате чего достигается сокращение выбросов. В испытаниях этой новой технологической схемы в сочетании с системами воздушных скрубберов были достигнуты уровни выбросов диоксинов в 177 пг/м<sup>3</sup>. Этот результат значительно лучше предельной нормы в 500 пг/м<sup>3</sup>, установленной в Канаде в 2005 году, и ниже нормы в 200 пг/м<sup>3</sup>, планируемой на 2010 год. Этот уровень также представляет сокращение на 93% от уровня в 2700 пг/м<sup>3</sup>, замеряемого в 1998 году. Данное достижение однозначно не связано с процессом улавливания диоксинов из отходящих газов в скруббере а, по-видимому, является результатом «истинного предотвращения загрязнения», поскольку для образования диоксинов необходим хлор, а мочевина высвобождает аммиак, который связывает находящиеся в пыли хлориды, тем самым сокращая их наличие и препятствуя образованию диоксинов (Hamilton Spectator 1 марта 2006).

## 4.2. Дополнительные меры

Под дополнительными мерами подразумеваются методы или способы борьбы с загрязнением среды, иногда описываемые как обезвреживание отходов в конце производственного процесса.

Для минимизации и сокращения выбросов основные меры, перечисленные выше, следует сочетать с надлежащими дополнительными мерами. К мерам, эффективно обеспечивающим минимизацию образования и выбросов ПХДД и ПХДФ, относятся:

### 4.2.1. Внедрение методов удаления загрязнителей

#### 4.2.1.1. Адсорбция/абсорбция в сочетании с высокоэффективным обеспыливанием

Эти методы основаны на поглощении ПХДД/ПХДФ такими материалами, как активированный уголь, в сочетании с эффективным улавливанием твердых частиц (обеспыливанием).

Технология регенерации, основанная на применении активированного угля (William Lemmon and Associates Ltd., 2004), предусматривает понижение концентрации пыли в отходящих газах электростатическим фильтром до подачи газового потока к угольному фильтру. Отходящий газ проходит через медленно перемещающийся слой гранулированного древесного угля, выполняющего функцию фильтрующей и адсорбирующей среды. Использованный древесный уголь выгружается и поступает в регенератор, где он подвергается нагреву до высоких температур. Адсорбированные на угле ПХДД/ПХДФ разлагаются и разрушаются в инертной атмосфере регенератора. Показано, что эта технология снижает концентрацию токсичных выбросов от 0,1 до менее чем 0,3 нг I-TEQ/м<sup>3</sup>.

Еще один сорбционный метод предусматривает введение лигнита или впрыскивание активированного угля в сочетании с применением тканевого фильтра. Введенный материал поглощает ПХДД/ПХДФ, а после этого улавливается тканевым фильтром. Этот метод обеспечивает нормальные условия эксплуатации агломерационной ленты и снижает концентрацию ПХДД/ПХДФ в выбросах до 0,1-0,5 нг I-TEQ/м<sup>3</sup> (IPCC, 2001, стр. 135).

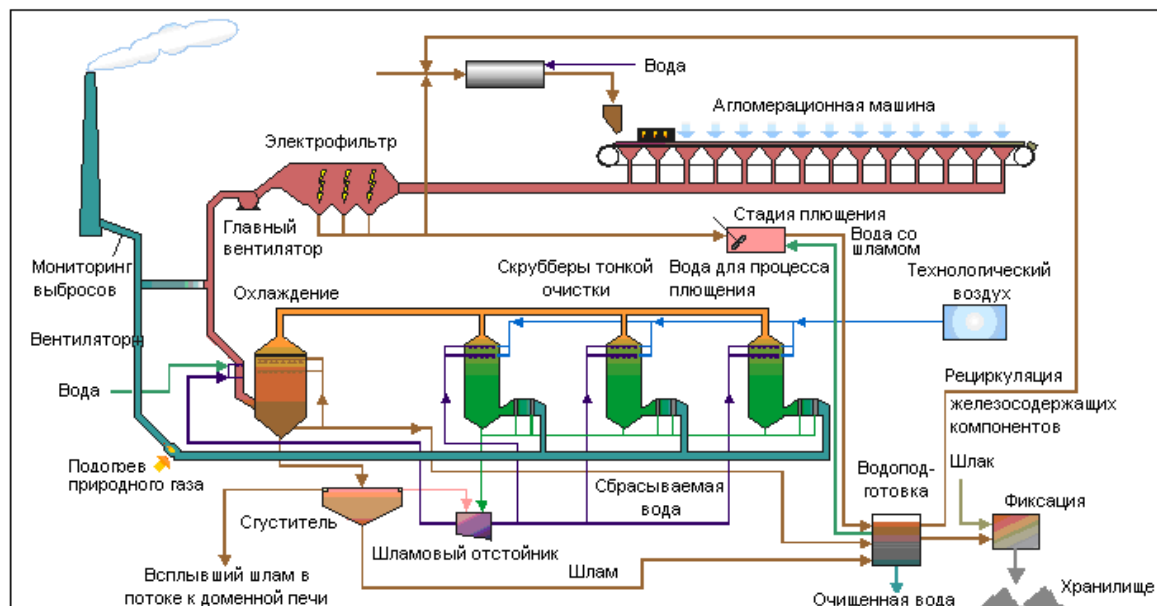
В принципе возможно впрыскивать углерод в газовый поток перед установленными пылеуловителями (электростатическими и тканевыми фильтрами) так же, как это делается в некоторых системах контроля СОЗ в выбросах мусоросжигательных установок; такая методика была успешно внедрена на заводе по агломерации железной руды в Бельгии. Капитальные издержки добавления технологии впрыскивания углерода к уже существующему оборудованию будут значительно ниже, чем в случае присоединения системы с регенерацией активированного угля.

#### 4.2.1.2. Система тонкой очистки мокрым скруббером

Скрубберная система газоочистки Airfine (см. Рисунок 2), разработанная фирмой Voest Alpine Industries (Австрия), эффективно снижает концентрации токсичных выбросов до 0,2-0,4 нг I-TEQ/м<sup>3</sup>. В этой системе восходящий поток отходящего газа подвергается очистке встречным потоком воды, вымывающим крупные твердые частицы, поглощающим газообразные загрязнители (например, диоксид серы SO<sub>2</sub>) и охлаждающим газ. (Для предварительного обеспыливания может быть применен также электростатический фильтр, устанавливаемый выше по потоку). Для повышения эффективности абсорбции SO<sub>2</sub> можно добавлять едкий натр. В скруббере тонкой очистки, представляющем главную особенность системы, мелкие частицы пыли удаляются спутной струей тонкодисперсного водного аэрозоля, впрыскиваемого в газовый поток под высоким давлением. Двухструйные туманообразующие сопла впрыскивают воду и сжатый воздух (создавая микроскопические капельки) для удаления тонких частиц пыли, ПХДД и ПХДФ (William Lemmon and Associates Ltd., 2004, стр. 29-30; European Commission, 2000, стр. 72-74).

Этот метод следует сочетать с эффективной очисткой отходящих вод скруббера, а ил сточных вод подлежит удалению на полигоне захоронения отходов (European Commission, 2000). Однако, применимость данной технологии должна тщательно оцениваться применительно к каждой конкретной производственной площадке.

**Рисунок 2. Схема агломерационной установки с использованием системы мокрых скрубберов.**



Источник: Хофштадлер (Hofstadler) и др., 2003.

#### 4.2.2. Меры общего характера

Нижеследующие меры могут способствовать минимизации выбросов загрязнителей, но для эффективного ограничения образования и выброса ПХДД/ПХДФ они должны сочетаться с другими методами (например, адсорбцией-абсорбцией, рециркуляцией отходящих газов).

##### 4.2.2.1. Обеспыливание отходящих газов процесса агломерации

Высказывалось предположение, что эффективное удаление пыли может содействовать уменьшению выбросов ПХДД и ПХДФ. Тонкодисперсные включения отходящих газов процесса агломерации обладают чрезвычайно большой поверхностью для адсорбции и конденсации газообразных загрязнителей, включая ПХДД и ПХДФ (Hofstadler et al., 2003). Наилучшим имеющимся методом обеспыливания является применение тканевых фильтров, задерживающих твердые частицы. Тканевые фильтры обеспечивают понижение концентрации твердых частиц в отходящих газах агломерационных установок в пределах от 10 до менее чем 30 мг/м<sup>3</sup> (UNECE, 1998; IPPC, 2001, стр. 131).

К другим распространенным видам оборудования для обеспыливания отходящих газов агломерационных установок относятся электростатические фильтры и мокрые скрубберы. Их эффективность по улавливанию твердых частиц не столь высока, как у тканевых фильтров. Применение электростатических фильтров и высокоэффективных мокрых скрубберов позволяет понизить концентрацию твердых частиц до 30-50 мг/м<sup>3</sup> (IPPC, 2001; William Lemmon and Associates Ltd., 2004, стр. 26; UNECE, 1998).

Необходим правильный расчет систем улавливания и захвата твердых частиц в газовом потоке как в начале, так и в конце технологической линии.

Тканевые фильтры также могут устанавливаться ниже по потоку относительно электростатических фильтров, что позволяет отдельно производить сбор и утилизацию накапливаемой в них пыли.

#### 4.2.2.2. Устройство вентиляционного колпака над агломерационной лентой

Устройство вентиляционного колпака над агломерационной лентой позволяет уменьшить объем неорганизованных выбросов и открывает возможность применения других методов, например таких, как рециркуляция отходящих газов.

### 5. Новые исследования

Избирательное каталитическое восстановление применялось как средство борьбы с выбросами  $\text{NO}_x$  во многих технологических процессах, включая агломерацию железных руд. Показано, что модифицированная технология избирательного каталитического восстановления (с расширением химически активной зоны) и избирательные каталитические процессы обеспечивают разложение ПХДД и ПХДФ, содержащихся в отходящих газах, по-видимому, в результате реакций каталитического окисления. Это открытие дает основу для разработки новой технологии, способной уменьшить выбросы стойких органических загрязнителей железорудными агломерационными установками и другими промышленными предприятиями.

Исследование токсичных выбросов из дымовых труб четырех агломерационных установок показало более низкие концентрации ПХДД/ПХДФ ( $0,995\text{--}2,06 \text{ нг I-TEQ/нм}^3$ ) в отходящих газах агломерационных установок с селективным каталитическим восстановлением, чем в агломерационной установке без каталитического восстановления ( $3,10 \text{ нг I-TEQ/нм}^3$ ), а также более низкую степень хлорирования ПХДД/ПХДФ для установок с селективным каталитическим восстановлением. Сделан вывод, что селективное каталитическое восстановление действительно разлагает ПХДД/ПХДФ, но нет доказательств, что основанная на этом процессе технология разрушения ПХДД/ПХДФ самодостаточна для соблюдения строгих ограничений на токсичные выбросы. Возможно, что потребуются применение дополнительных методов (например, впрыска активированного угля) (Wang et al., 2003, стр. 1123–1129).

В процессе каталитического окисления в зависимости от катализатора могут формироваться загрязнения остаточными металлами и другими загрязнителями в отходящих газах. Поэтому до применения такого процесса необходимо провести тщательный анализ его применимости и последствий. Необходимо дальнейшее исследование процессов селективного каталитического восстановления и других реакций каталитического окисления на железорудных агломерационных установках для оценки возможности и эффективности их практического применения с целью разрушения и сокращения выбросов ПХДД/ПХДФ на выходе из того или иного источника.

### 6. Сводная таблица рекомендуемых мер

В таблицах 1 и 2 представлен обзор мер, рассмотренных в предыдущих разделах.

**Таблица 1. Альтернативные решения и требования к новым железорудным агломерационным установкам**

Меры	Описание	Предмет рассмотрения	Прочие замечания
Альтернативные процессы	Приоритет должен быть отдан рассмотрению альтернативных процессов, потенциально менее экоотоксичных, чем традиционная агломерация железных руд	Примеры процессов: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Окомкование</li> <li>• Прямое восстановление железа (FASTMET, Circored® и Circofer®)</li> <li>• Непосредственная выплавка из руды</li> </ul>	



Меры	Описание	Предмет рассмотрения	Прочие замечания
Технико-эксплуатационные требования	Новые железорудные агломерационные установки должны удовлетворять строгим технико-эксплуатационным требованиям и требованиям к отчетности, соответствующим наилучшим имеющимся методам	Необходимо рассмотреть основные и дополнительные меры, перечисленные в табл. 2 (см. ниже)	Технико-эксплуатационные требования, соответствующие НИМ и НВПД: < 0,2 нг I-TEQ/нм <sup>3</sup> для ПХДД/ПХДФ, но может быть < 0,1 нг I-TEQ/нм <sup>3</sup>

**Таблица 2. Обзор основных и дополнительных мер, рекомендуемых к внедрению для железорудных агломерационных установок**

Меры	Описание	Соображения	Прочие замечания
<i>Основные меры</i>			
Неизменный, устойчивый режим работы агломерационной установки	Режим эксплуатации агломерационной ленты должен обеспечивать поддержание неизменных, устойчивых условий всего процесса (т.е. обеспечивать работу в стационарном режиме, с минимизацией сбоев процесса) для минимизации образования и выброса ПХДД, ПХДФ и других загрязнителей	Параметры оптимизации работы ленты: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Минимизация простоев</li> <li>• Устойчивая скорость ленты</li> <li>• Состав слоя агломерационной шихты</li> <li>• Высота слоя агломерационной шихты</li> <li>• Присадки (например, обожженная известь)</li> <li>• Минимизация содержания масел</li> <li>• Минимизация инфильтрации воздуха</li> </ul>	Такой подход будет способствовать повышению производительности, улучшению качества агломерата и повышению энергетической эффективности установки Воздействие на образование химических веществ, перечисленных в Приложении С, должно оцениваться по каждой конкретной установке
Непрерывный мониторинг параметров	Для обеспечения оптимального режима эксплуатации агломерационной ленты и систем кондиционирования отходящих газов следует применять систему непрерывного мониторинга параметров. Операторы должны подготовить привязанный к объекту план непрерывного мониторинга параметров системы и вести отчетность, документирующую выполнение плана	Следует найти корреляционные зависимости между значениями параметров и выбросами из дымовых труб (в условиях устойчивого режима). Выявленные параметры в дальнейшем подвергаются непрерывному мониторингу и сравниваются с их оптимальными значениями. При значительных отклонениях в системе приводится в действие аварийная сигнализация для принятия корректирующих мер	
Рециркуляция	Отходящие газы следует	Рециркуляция отходящих	Эта технология

Меры	Описание	Соображения	Прочие замечания
отходящих газов	возвращать для рециркуляции на агломерационную ленту, что снижает до минимума выбросы загрязнителей и уменьшает количество отходящих газов, требующих обезвреживания в конце производственного процесса	газов может повлечь рекуперацию части отходящих газов всего потока либо какого-то его сегмента	обеспечивает только умеренное сокращение образования и выброса ПХДД/ПХДФ, но может иметь значимое влияние на иные операционные параметры, что должно тщательно анализироваться
Выбор загружаемого сырьевого материала: Минимизация использования сырьевых материалов, содержащих СОЗ или способствующих образованию стойких органических загрязнителей	Рекомендуется регистрировать входные параметры загружаемого материала и находить альтернативные решения по использованию сырья и (или) процедур для минимизации потребления нежелательных исходных материалов. Следует разработать и внедрить документированные методики внесения надлежащих изменений	Примеры: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Удаление загрязнителей из сырьевого материала (например, обезжириванием вторичной окалины)</li> <li>• Замена материала (например, замена коксовой мелочи антрацитом)</li> <li>• Недопущение использования загрязненного материала (например, пыли агломерата, уловленной электростатическим фильтром)</li> <li>• Установление ПДК нежелательных веществ (например, содержание масел в загружаемом материале не должно превышать 0,02%)</li> </ul>	Может потребоваться анализ и оценка всех параметров применительно к конкретной установке
Подготовка загружаемого сырьевого материала	Перед подачей на агломерационную ленту тонкодисперсные сырьевые материалы (например, уловленные пыли) должны быть окомкованы, а все загружаемые материалы тщательно смешаны между собой		Эти меры сводят к минимуму захват загрязнителей отходящими газами и их неорганизованный выброс в атмосферу
Добавление мочевины	Контролируемые количества гранулированной мочевины добавляются к сырью на агломерационной ленте; полагают, что эта технология предотвращает	Необходимость герметизации агломерационной ленты для снижения количества кислорода (аммиак действует как восстанавливающий агент, избыточный кислород –	

Меры	Описание	Соображения	Прочие замечания
	или сокращает выбросы как ПХДД/ПХДФ, так и диоксида серы	как оксидант). Рекомендуется применение совместно с воздушными скрубберными системами для удаления азотсодержащих газовых выбросов	
<b>Дополнительные меры</b>			
Следующие дополнительные меры способны эффективно уменьшить выбросы ПХДД/ПХДФ и представляют примеры наилучших имеющихся методов			
Адсорбция/ абсорбция в сочетании с высоко-эффективным обеспыливанием	В случае применения этой технологии должны быть предусмотрены стадия адсорбционной очистки и высокоэффективная система улавливания частиц как ключевые компоненты системы кондиционирования отходящих газов	Продемонстрированы следующие методы адсорбционной очистки: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Впрыскивание углерода с улавливанием на электростатическом фильтре</li> <li>• Метод, основанный на регенерации активированного угля, при котором отходящие газы сначала подвергаются очистке электрофильтром и пропускают через подвижный адсорбционный слой (древесного угля) для поглощения ПХДД/ПХДФ и фильтрации частиц, после чего адсорбирующий материал регенерируется.</li> <li>• Введение активированного угля, лигнита или другого подобного адсорбирующего материала в газовый поток с последующим обеспыливанием тканевым фильтром</li> </ul>	Эти методы позволяют получить следующие уровни концентрации токсичных загрязнителей в выбросах: $< 0,3 \text{ нг I-TEQ/м}^3$ $0,1 - 0,5 \text{ нг I-TEQ/м}^3$ . Необходимо тщательно оценивать себестоимость различных систем адсорбции на основе применения углерода; Впрыскивание в поток может оказаться менее дорогой технологией, чем системы с регенерацией углеродного слоя
Тонкая очистка отходящих газов мокрым скруббером	Этот метод предусматривает предварительную очистку противоточным мокрым скруббером, где газы подвергаются охлаждению и очистке от крупных частиц, а затем обработке в скруббере тонкой очистки спутной струей тонкодисперсного		Система тонкой очистки мокрым скруббером под торговым названием Airfine®, разработанная австрийской фирмой Voest Alpine Industries, снижает концентрации токсичных загрязнений

Меры	Описание	Соображения	Прочие замечания
	водного аэрозоля высокого давления, уносящей мелкие частицы и др. загрязнения		в выбросах до 0,2-0,4 нг I-TEQ/м <sup>3</sup> . Однако, применимость для каждой конкретной установки должна оцениваться отдельно
Нижеуказанные дополнительные меры сами по себе не представляют наилучших имеющихся методов. Для эффективной минимизации образования и снижения концентрации ПХДД, ПХДФ и других стойких органических загрязнителей в выбросах эти меры следует принимать в сочетании с другими упоминаемыми здесь мерами			
Удаление твердых частиц из отходящих газов	Отходящие газы подлежат обработке с применением высокоэффективных методов, так как это позволяет свести к минимуму выбросы ПХДД/ПХДФ. Рекомендуемым наилучшим имеющимся методом улавливания твердых частиц является применение тканевых фильтров. На участках загрузки и разгрузки агломерационной ленты должны быть предусмотрены регулируемые вентиляционные укрытия для локализации и обеспыливания неорганизованных выбросов	Тканевые фильтры снижают концентрацию твердых частиц в выбросах отходящих газов агломерационного процесса до уровней от менее чем 10 мг/м <sup>3</sup> до 30 мг/м <sup>3</sup>	Другие известные методы улавливания твердых частиц предусматривают применение электростатических фильтров и высокоэффективных скрубберов. В нормальных условиях эксплуатации эти методы позволяют снизить концентрацию твердых частиц до уровней от менее чем 30 мг/м <sup>3</sup> до 50 мг/м <sup>3</sup> . Более низкие уровни твердых частиц в выбросах (и осевших на них диоксинов и фуранов) могут достигаться с применением тканевых фильтров: <5 – 20 мг/м <sup>3</sup> .
Локализация выбросов агломерационной ленты устройством вентиляционных укрытий	Агломерационная лента должна быть ограждена вентиляционными укрытиями для минимизации неорганизованных выбросов процесса		Ограждение агломерационной ленты вентиляционными укрытиями открывает возможность применения других методов, например рециркуляции отходящих газов

## 7. Уровни эксплуатационной эффективности, соответствующие НИМ и НВПД

Достижимые уровни эксплуатационной эффективности по выбросам в атмосферу ПХДД/ПХДФ от железорудных агломерационных установок, соответствующие НИМ и НВПД, составляют <0,2 нг I-TEQ/нм<sup>3</sup> (при рабочих концентрациях кислорода).

## Ссылки на литературу

- Augerman, Mikko, "Alternative Processes for Iron and Steelmaking- Presentation", University of Oulu, Finland, 2004
- ECSC (European Coal and Steel Community). 2003. *The Impact of ECSC Steel Research on Steel Production and Sustainability*.  
www.stahl-online.de/medien\_lounge/medieninformationen/hintergrundmaterial.htm.
- Entec UK Ltd. 2003. *Development of UK Cost Curves for Abatement of Dioxins Emissions to Air, Final Report*. Draft for consultation, November 2003.
- Environment Canada. 2001. *Environmental Code of Practice for Integrated Steel Mills: CEPA 1999 Code of Practice*. Public Works and Government Services, Canada.
- EPA (United States Environmental Protection Agency). 2003. *National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants: Integrated Iron and Steel Manufacturing: Final Rule*. 40 CFR Part 63, Federal Register 68:97. EPA, Washington, D.C. www.epa.gov.
- European Commission. 2000. *Reference Document on Best Available Techniques for the Production of Iron and Steel*. BAT Reference Document (BREF). European IPPC Bureau, Seville, Spain. eippcb.jrc.es.
- Hamilton Spectator*, Canada, 1 March 2006.
- Hartig W., Stedem K.H., Lin R. (AG der Dillinger Huttenwerke), *Sinter plant gas cleaning - State of the art*, presentation at 2005 ATS International Steelmaking Conference (Paris, December 15-16, 2005) La Revue de Metallurgie-CIT Juin 2006.
- Hofstadler K. et al. 2003. *Dioxin at Sinter Plants and Electric Arc Furnaces: Emission Profiles and Removal Efficiency*. Voest Alpine Industrienlagenbau GmbH, Austria.  
g5006m.unileoben.ac.at/downloads/Dioxin.doc.
- IPPC (European Integrated Pollution Prevention and Control Bureau). 2001. *Guidance for the Coke, Iron and Steel Sector*. Sector Guidance Note IPPC S2.01. UK Environment Agency.
- Kasai E. et al. 2001. "Effect of Additives on the Dioxins Emissions in the Iron Ore Sintering Process." *ISIJ International* 41:1.
- Lankford W.T., Samways N.L., Craven R.F. and MacGannon H.E. (eds.) 1985. *The Making, Shaping and Treating of Steel*. 10<sup>th</sup> Edition. Association of Iron and Steel Engineers, USA.
- Nils-Olov Lindfors and Pertti Kostamo, *BAT examples from the Nordic iron and steel industry*, Norden Nordic Council of Ministers, Environment, TermNord 2006:509
- Lockheed Martin Energy Systems, 2000, "Ironmaking Process Alternatives Screening Study, Volume 1" Summary Report, prepared for USA Department of Energy, LG Job No. 010529.01, October, 2000
- United Kingdom Environment Agency. 2001. *Integrated Pollution Prevention and Control: Guidance for the Coke, Iron and Steel Sector*, Sector Guidance Note IPPC S2.01,
- UNECE (United Nations Economic Commission for Europe). 1998. "Best Available Techniques for Controlling Emission of Heavy Metals." Annex III, *Protocol to the 1979 Convention on Long-Range Transboundary Pollution on Heavy Metals*. UNECE, Geneva. www.unece.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.
- Wang L.-C. et al. 2003. "Emission of Polychlorinated Dibenzo-p-dioxins and Dibenzofurans from Stack Flue Gases of Sinter Plants." *Chemosphere* 50:9.

William Lemmon and Associates Ltd. 2004. *Research on Technical Pollution Prevention Options for Iron Sintering*. Prepared for the Canadian Council of Ministers of the Environment, Canada. [www.ccme.ca/assets/pdf/df\\_is\\_p2\\_ctxt\\_p2\\_strtgy\\_e.pdf](http://www.ccme.ca/assets/pdf/df_is_p2_ctxt_p2_strtgy_e.pdf).

### (iii) Вторичное производство алюминия

#### Резюме

Вторичное производство алюминия означает производство алюминия из вторичного алюминиевого сырья и производственных отходов, в процессе которого происходит рекуперация металлов в процессе предварительной обработки, плавления и рафинирования.

Используются различные виды топлива, флюсов и сплавов, а удаление магния производится путем добавления хлора, хлорида алюминия или хлорсодержащих органических соединений. Химические вещества, перечисленные в Приложении С к Стокгольмской конвенции, возможно образуются из присадок, добавляемых для удаления магния, вследствие неполного сгорания, из-за присутствия органических соединений в загружаемом материале, хлорсодержащих соединений, а также температур в диапазоне **250-500 °C**.

Наилучшие имеющиеся методы включают наличие высокотемпературных печей, отсутствие масел и хлора в загружаемом материале (если имеются альтернативы), установку дожигателей с системой быстрого охлаждения, адсорбцию активированным углем и обеспыливание тканевыми фильтрами, а также неиспользование гексахлорэтана для удаления магния из расплавленной массы и общий жесткий контроль над процессом удаления магния.

Эксплуатационные уровни по выбросам в атмосферу ПХДД/ПХДФ, соответствующие наилучшим имеющимся методам и наилучшим видам природоохранной деятельности для вторичного производства алюминия, составляют  $< 0,5 \text{ нг I-TEQ/ нм}^3$  (при рабочих концентрациях кислорода).

## 1. Описание технологического процесса

Процессы выплавки вторичного алюминия зависят от загружаемого сырьевого материала. Предварительная обработка, тип печи и флюсы варьируют от установки к установке. Производственные процессы охватывают предварительную обработку лома и плавку с рафинированием. Методы предварительной обработки включают в себя механическую, пирометаллургическую и гидromеталлургическую очистку. Плавка осуществляется в отражательных или вращающихся печах. Также могут использоваться индукционные печи для плавки более чистых алюминий-содержащих материалов.

Отражательные печи состоят из двух отсеков: плавильной камеры, нагреваемой работающей на мазуте горелкой, и шахтного отсека, куда загружается алюминиевый лом разной размерности. Вращающиеся печи состоят из горизонтальной цилиндрической камеры, устанавливаемой на валках и выложенной огнеупорным материалом. Горелка расположена с одного конца печи и обычно работает на газе или нефти.

В состав загружаемого материала входят производственный лом, использованные канистры, фольга, прессованные профили, различные виды промышленного скрапа, токарная стружка и старый прокат или литой металл. Огарки от процесса вторичной плавки также используются в качестве вторичного сырья. Предварительная сортировка лома по желаемым группам сплавов может сократить время переработки. Часто лом бывает загрязнен маслами или покрытиями, подлежащими удалению для уменьшения выбросов и повышения скорости плавления (European Commission, 2001, стр. 279). Соляные шлаки подвергаются переработке для рекуперации соли, которая повторно используется как флюс во

вращающихся печах. Остатки от обработки соляных шлаков имеют высокое содержание оксида алюминия ( $Al_2O_3$ ) и могут рециркулироваться посредством байеровского процесса или использоваться в качестве добавок в производстве цемента.

Нижеприводимое краткое описание процесса заимствовано из документа EPA, 1994:

«На большинстве предприятий по выплавке вторичного алюминия применяются периодические процессы плавки и рафинирования. В плавильной печи расплавляется лом, удаляются загрязнения и увлеченные газы. Затем расплавленный алюминий перекачивается в печь-миксер. Печи-миксеры наиболее пригодны для окончательного легирования и любых дополнительных корректировок состава, необходимых для получения алюминия, удовлетворяющего требованиям технических условий на изготавливаемую продукцию. Разливка осуществляется из печей-миксеров в литейные формы либо в установки для непрерывного литья.

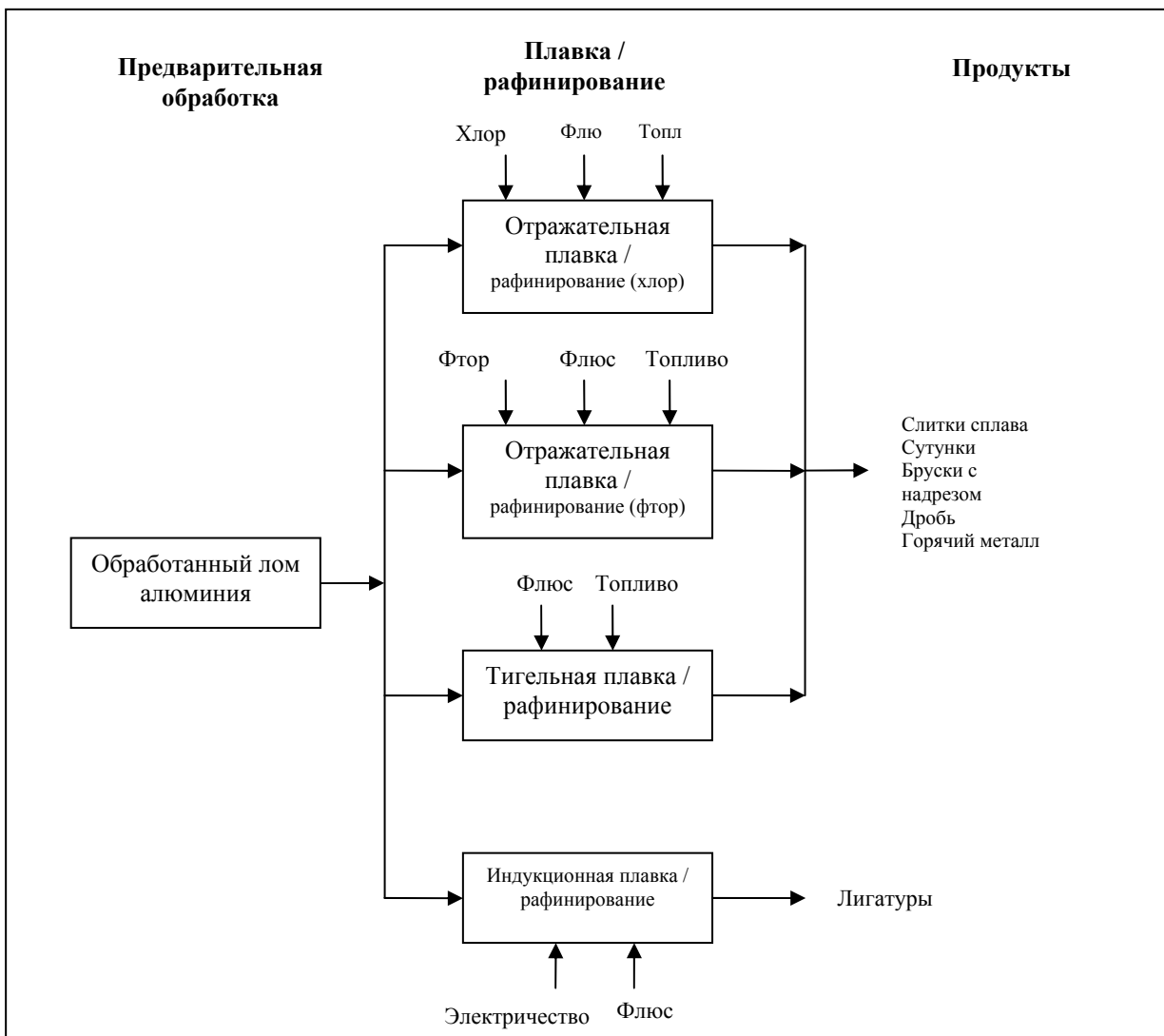
Операции выплавки и рафинирования могут включать в себя следующие ступени: загрузка сырья, плавка, флюсование, очистка от магния, дегазация, легирование, выпуск шлака и разливка. При загрузке сырья предварительно обработанный алюминиевый лом сбрасывают в ванну расплавленного алюминия, постоянно поддерживаемую в плавильных печах. Лом, смешанный с флюсующим материалом, обычно подают в загрузочную шахту печи, где лом плавится, нагреваясь за счет теплопередачи от окружающего расплавленного алюминия. Флюсующие материалы смешиваются с загрязнителями и всплывают на поверхность алюминия, увлекая посторонние примеси и образуя барьер (толщиной до 6 дюймов), защищающий алюминий от окисления. Для минимизации окисления алюминия (потери плавки) применяют быстрое механическое погружение лома в ванну расплава.

Очистка от магния понижает содержание магния в жидкой завалке. В прошлом, когда очистка от магния производилась жидким хлором, хлор впрыскивали в расплав снизу под давлением, и, поднимаясь на поверхность, он реагировал с магнием. Сжатый хлор освобождался через углеродные фурмы, подведенные под поверхность ванны расплава, что приводило к большому выбросу хлора. На смену методу углеродных фурм позднее пришел усовершенствованный процесс очистки алюминия от магния с дозируемой подачей хлора в нагнетательный трубопровод циркуляционного насоса. Ожидают опубликования данных о достигнутом уменьшении выбросов хлора (в форме хлористых соединений). В операциях очистки от магния применяют также другие хлорирующие реагенты, как, например, безводный хлорид алюминия или хлорорганические соединения.

Дегазацией называют процесс удаления газов, увлеченных в расплавленный алюминий. Инертные газы вдуваются под высоким давлением под поверхность расплава для его интенсивного перемешивания. В результате перемешивания увлеченные газы поднимаются на поверхность и абсорбируются плавающим флюсом.

В процессе легирования к алюминию добавляют легирующую присадку, изменяющую прочность и пластичность металла. Операция выпуска шлака физически удаляет разливкой с поверхности расплава загрязненные полутвердые флюсы с дроссом, шлаком или огарками».

Рисунок 1. Выплавка вторичного алюминия



Источник: ЕРА 1994.

В ряде стран вторичное производство алюминия осуществляется малыми или ремесленными предприятиями. К таким процессам не применимы допустимые эксплуатационные уровни, поскольку производство в условиях малого или ремесленного предприятия не может считаться наилучшим имеющимся методом или наилучшим видом природоохранной деятельности и в идеальном случае вообще не должно иметь места. Зачастую крупный несортированный лом плавится в малой печи, расположенной в здании или в крытом помещении без должной вентиляции. Печь может топиться древесным углем, нефтью, отработанными маслами или углем, в зависимости от экономических факторов и наличия на местном топливном рынке. В более крупных печах для обработки расплава могут использоваться флюсы и дегазирующие агенты, что улучшает качество получаемого металла. Ремесленные и малые предприятия по вторичной плавке алюминия могут выбрасывать в атмосферу целый спектр химических веществ, включая стойкие органические загрязнители. Необходимо способствовать замещению таких процессов крупномасштабными производствами по вторичной выплавке алюминия с надлежащими системами очистки воздуха.

Тем не менее, там, где проводится вторичная выплавка алюминия на малых и ремесленных предприятиях, можно внедрять некоторые меры для сокращения объемов загрязняющих веществ, выбрасываемых в окружающую среду. Такие меры по сокращению выбросов CO<sub>2</sub> и иных загрязнителей ремесленными и малыми предприятиями включают предварительную



сортировку лома, подбор более подходящего топлива (нефть или газ вместо угля), надлежащую вентиляцию, фильтрацию дымовых газов, надлежащее управление отходами и адекватный подбор дегазаторов. Такие меры могут претворяться в жизнь посредством просветительских и информационно-пропагандистских программ для сообществ ремесленников и городских властей.

Эффективная предварительная сортировка может привести к значительным сокращениям выбросов CO<sub>2</sub>. В некоторых экономиках экономически более оправданной может быть ручная, а не механическая сортировка, что зависит от соотношения между стоимостью рабочей силы и наличием денежных средств. При надлежащей подготовке и должном контроле такая ручная сортировка может быть вполне эффективной и потенциально может привести к снижению энергопотребления и улучшению качества продукции, а также уменьшению объемов шлака, подлежащего удалению. Сушка загружаемых материалов и предварительное подогревание огнеупоров, хотя и влекут за собой большее потребление топлива, снижают производство водорода в расплаве, улучшая таким образом качество продукта без использования химикатов.

Надлежащая вентиляция рабочего места снижает угрозу здоровью работников. Удаление дымов и отходящих газов через трубу и вытяжной колпак над плавильным тиглем посредством естественной тяги улучшит вентиляцию и обеспечит некоторое рассеяние газов, но не снизит объем выбросов, разве лишь за счет улучшения качества сгорания. Использование нефти и газа в качестве топлива снижает объем образуемых стойких органических загрязнителей.

На крупных предприятиях возможно отведение дымовых газов трубопроводами и оснащение надлежащим оборудованием по очистке газов. Эффективными средствами очистки газов могут быть фильтры, сухие и мокрые скрубберы для улавливания твердых частиц, но такое оборудование требует надежного электроснабжения для работы вентиляторов. Мокрые скрубберы требуют надлежащих систем сбора, обработки и безопасного удаления стоков. До монтажа всяких очистных устройств необходимо разработать и внедрить процедуры обращения с остатками от очистки и пути удаления этих остатков. При отсутствии оборудования для обработки сточных вод следует предпочесть сухие системы воздухоочистки. Однако, требования к хранению мелкодисперсного материала во многих случаях весьма жесткие и требуется обустройство хранилищ для хранения улавливаемого фильтрами материала до определения безопасного пути его удаления. Полезным в этих целях является региональное сотрудничество и совместное использование объектов такого назначения.

Есть мнение, что использование гексахлорэтана в качестве дегазатора в расплаве приводит к значительным выбросам CO<sub>2</sub>. Использование фторида калия или фторида алюминия в качестве дегазирующих агентов оказалось успешным на ряде крупных предприятий. На других крупных предприятиях столь же успешно использовался в качестве дегазатора хлор. Но на этих предприятиях внедрены надлежащие системы обращения с материалами и обеспечения безопасности, и большое внимание уделяется надлежащей подготовке персонала.

## **2. Источники химических веществ, перечисленных в Приложении С Стокгольмской конвенции**

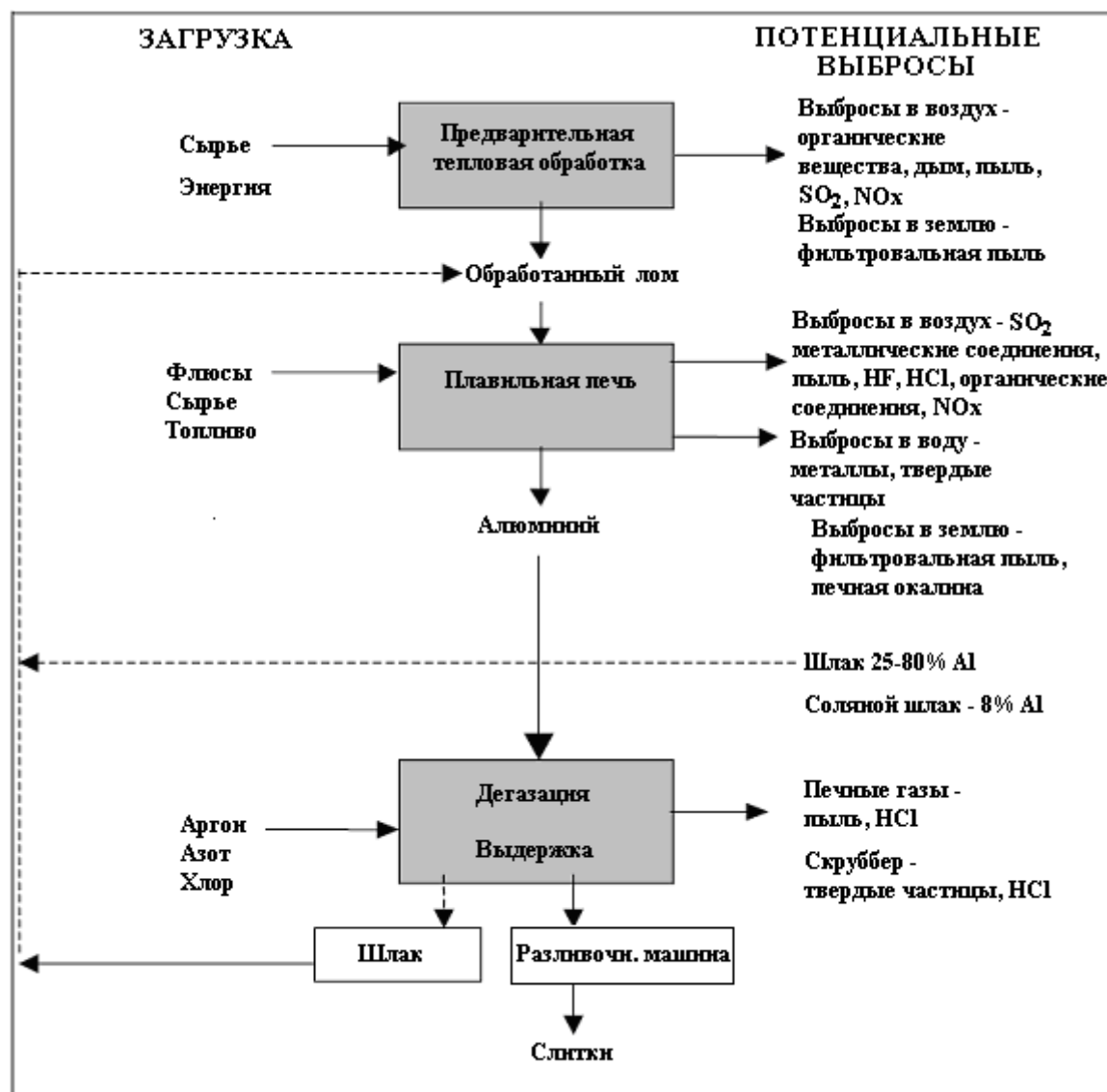
Образование химических веществ, перечисленных в Приложении С к Стокгольмской конвенции, вероятно объясняется неполным сгоранием и наличием загрязнителей в загружаемом материале, а также добавлением химикатов для удаления магния и технологическими условиями, способствующими образованию стойких органических загрязнителей.

## **2.1. Общая информация о выбросах из печей для выплавки вторичного алюминия**

Возможные выбросы в атмосферу включают в себя пыль, соединения металлов, хлориды, оксиды азота ( $\text{NO}_x$ ), диоксид серы ( $\text{SO}_2$ ) и органические соединения, например такие, как ПХДД/ПХДФ и монооксид углерода ( $\text{CO}$ ). Возможно также выделение аммиака при нарушении правил хранения, обработки и транспортировки металлургических шлаков. Соединения хлора можно удалить, используя мокрые или сухие скрубберы, а их образование свести к минимуму строгим контролем и правильным применением смесей хлора и инертных газов. Для уменьшения выбросов  $\text{NO}_x$  и  $\text{SO}_2$  можно применять горелки с низким выходом оксидов азота и низкосернистые топлива (European Commission, 2001, стр. 294–300).

«Дожигание применяется для разрушения органических веществ, улетучивающихся из зоны горения; вместе с тем можно практиковать впрыск очищающих веществ, например извести, бикарбоната натрия и углерода. В большинстве установок для удаления пыли используют (высокоэффективные) рукавные фильтры или керамические фильтры; при этом концентрация пыли в выбросах может находиться в пределах от 0,6 до 20 мг/нм<sup>3</sup>. Перед фильтрами для их защиты часто устанавливают искрогаситель или камеру охлаждения. Существует возможность регенерации энергии, и обычно для этой цели используют рекуперативные горелки» (European Commission, 2001).

Рисунок 2. Входные параметры и потенциальные выбросы производства по выплавке вторичного алюминия



Примечание: В дыме и пыли могут также находиться летучие органические соединения и диоксины (European Commission, 2001).

## 2.2. Выбросы в атмосферу ПХДД/ПХДФ

ПХДД/ПХДФ образуются в процессе плавки алюминия в числе продуктов неполного сгорания или возникают путем *de novo* синтеза при наличии в загружаемом материале органических и хлорсодержащих веществ, например таких, как флюсы, гексахлорэтан, хлор, несгоревшее топливо, масла и пластмассы. Вторичное сырье часто состоит из загрязненного лома.

«В присутствии масел и других органических материалов на ломе или при наличии иных источников углерода (частично выгоревшие топлива и восстановители, например кокс) могут образовываться мелкие частицы углерода, способные реагировать с неорганическими хлоридами или органически связанным хлором в диапазоне температур 250-500° С с образованием ПХДД/ПХДФ. Этот процесс, получивший название «*de novo* синтез», катализируется в присутствии таких металлов, как медь или железо.

Несмотря на то, что ПХДД/ПХДФ разрушаются при высокой температуре (выше 850° С) в присутствии кислорода, процесс de novo синтеза по-прежнему возможен, так как газы при охлаждении проходят через так называемое «окно преобразования». Это окно может существовать в системах термического обезвреживания выбросов и относительно холодных частях печи, а именно в зоне загрузки. Чтобы свести к минимуму время пребывания реагирующих веществ в зоне температур, где возможны явления de novo синтеза, необходимо обеспечить надлежащую конструкцию систем охлаждения» (European Commission, 2001, стр. 133).

«Неполное сгорание топлива или органических компонентов загружаемого материала может стать причиной выброса органических веществ. Для оптимизации процесса горения применяют эффективные средства автоматического регулирования горелок и печи. Если с сырьем в печь попадают органические вещества, следует обеспечить максимальную интенсивность их горения. Сообщается, что предварительная очистка лома с удалением большей части органического материала повышает скорость плавления. Применение смесей хлорсодержащих соединений для дегазации и удаления магния, как и применение хлоридов (соляной флюс), создает источник хлора для возможного образования ПХДД/ПХДФ» (European Commission, 2001, стр. 297).

Согласно имеющимся данным по производству вторичного алюминия в Японии, выбросы варьировались в зависимости от типа используемой печи. Из включенных в исследование печей самые высокие уровни выбросов были характерны для отражательных печей с открытой шахтой. Эмиссии таких печей составляли в среднем 0,38 нг I-ТЕQ/нм<sup>3</sup>. По-видимому, это связано с тем фактом, что только в эти печи можно загружать крупноформатный лом, который часто бывает загрязнен органическими компонентами, способствующими образованию ПХДД/ПХДФ (Government of Japan 2005).

### 2.3. **Сбросы загрязняющих веществ в другие среды** (European Commission, 2001, стр. 294–300)

«Производство алюминия из вторичных сырьевых материалов является принципиально сухим процессом. В объем стоков рассматриваемого производства обычно входят только охлаждающая вода, часто направляемая на рециркуляцию, и дождевые стоки с промышленной площадки и крыш. Дождевые стоки могут быть загрязнены при открытом хранении таких сырьевых материалов, как замасленный лом, и твердые сырьевые компоненты.

При использовании хлоридов калия и натрия на поверхности расплавленного металла формируется защитный слой, препятствующий окислению, повышающий выход металла и термический КПД процесса, но при этом образуются соляные шлаки. Такие шлаки, обычно получаемые во вращающихся печах, могут оказывать неблагоприятное влияние на окружающую среду при захоронении в землю. Металлургические шлаки используют в качестве сырья в других цехах предприятий по производству вторичного алюминия и иногда подвергают предварительной обработке (размолу и воздушной классификации) для отделения алюминия от глинозема. Отработанные фильтры металлургического производства обычно идут в отходы. В некоторых случаях, при использовании бикарбоната натрия для очистки газа, твердые остатки можно регенерировать с помощью соляного флюса. Альтернативный метод обработки пыли, уловленной фильтрами, состоит в ее прокаливании для разрушения диоксинов. Материалы футеровки печей и пыль можно регенерировать, применяя процесс обработки соляным шлаком, либо удалять для захоронения».

### 3. Рекомендуемые технологические процессы

Технологическая подготовка производства и структура технологического процесса могут варьироваться в зависимости от характеристик загружаемого материала и методов контроля качества. Наилучшими известными технологическими процессами производства вторичного алюминия признаны процессы, основанные на использовании вращающейся печи, поворотной вращающейся печи, индукционной печи и шахтной печи системы Мелтауэра (Meltower). Все технологии должны предусматривать применение надлежащих систем сбора и очистки отходящих газов.

Информация об альтернативных процессах выплавки вторичного алюминия отсутствует.

### 4. Основные и дополнительные меры

Ниже рассматриваются основные и дополнительные меры по сокращению и ликвидации образования ПХДД/ПХДФ.

#### 4.1. Основные меры

К основным мерам относят внедрение методов предотвращения загрязнения, направленных на сокращение и ликвидацию образования и выброса стойких органических загрязнителей. К их числу принадлежат:

##### 4.1.1. Предварительная сортировка загружаемого материала

Для сокращения образования ПХДД/ПХДФ при неполном сгорании или возникновении этих веществ в результате *de novo* синтеза следует по возможности не допускать присутствия масел, пластмасс и соединений хлора в загружаемом материале. Плавке должна предшествовать сортировка загружаемого материала, производимая с учетом типа печи и системы обезвреживания выбросов и позволяющая передать сырье, непригодное для данной печи, на другие производственные объекты, более приспособленные для его переработки. Это позволит избежать или свести к минимуму использование хлорсодержащих соляных шлаков при плавке.

Металлолом в процессе предварительной обработки должен быть очищен от масел, красок и пластмасс. Удаление органических и хлорсодержащих соединений ограничит возможность образования ПХДД/ПХДФ. К применяемым методам очистки относятся центрифугирование с абразивной стружкой, сушка в абразивной среде и другие способы термического удаления покрытий. За термическими процессами удаления покрытий и обезжиривания должно следовать дожигание, разрушающее все органические примеси в отходящих газах (European Commission, 2001, стр. 310).

Проводятся испытания технологии сортировки с применением лазера и вихревых токов. Эти методы в перспективе могут обеспечить более эффективный выбор материалов для утилизации и позволят получать на заводах по переработке вторичного сырья сплавы алюминия желаемого состава (European Commission, 2001, стр. 294–300).

##### 4.1.2. Эффективное управление технологическим процессом

Системы управления технологическим процессом должны обеспечивать стабильность процесса и функционировать в диапазоне параметров, благоприятных для минимизации образования ПХДД/ПХДФ, например поддерживать температуру печи выше 850° С, что необходимо для разрушения ПХДД/ПХДФ. В идеальном случае для планирования мероприятий по снижению выбросов ПХДД/ПХДФ требовался бы непрерывный мониторинг этих выбросов. Однако на практике такой мониторинг осуществляется только в единичных случаях (например, на мусоросжигательных установках), и исследования в этой области еще продолжаются. В отсутствие непрерывного мониторинга ПХДД/ПХДФ требуется осуществлять непрерывный мониторинг и стабилизацию прочих параметров, таких как температура, время пребывания реагирующих веществ в активной зоне, состав газовых выбросов, а также контролировать автоматическое управление заслонками

газоотводящих каналов для создания оптимальных технологических условий, способствующих сокращению выбросов ПХДД/ПХДФ.

#### **4.1.3. Удаление магния**

Важным средством контроля химических веществ, перечисленных в Приложении С, по-видимому является адекватное удаление магния (из расплава). Было показано, что использование таблеток гексахлорэтана приводит к высоким объемам выбросов ПХДД/ПХДФ и особенно ГХБ, в результате эта технология была запрещена в Европе. Это очень важный аспект технологического процесса. При выборе способов удаления магния необходимо тщательно проанализировать имеющиеся варианты, поскольку следует учитывать не только практические соображения, но и соображения безопасности и охраны здоровья, а также экологические соображения.

#### **4.2. Дополнительные меры**

Дополнительные меры предусматривают применение методов борьбы с загрязнением окружающей среды. Эти методы не устраняют образование загрязнителей, но служат для ограничения и предотвращения выбросов в атмосферу.

##### **4.2.1. Улавливание дыма и газов**

Для осуществления контроля выбросов в атмосферу на всех стадиях технологического процесса дымовые и отходящие газы должны отводиться и собираться. Рекомендуется применять герметизированные системы загрузки и печи. Для контроля неорганизованных выбросов рекомендуется поддерживать в печи разрежение, предотвращающее утечки. Если герметизировать установку невозможно, рекомендуется локализовать выбросы устройством дымоотводящих зонтов. Может оказаться необходимым устройство внешней оболочки печи или реактора. Если непосредственный отвод дымо- и газовойделений и устройство вентиляционного укрытия неосуществимы, то возможность удаления, обработки и выброса вентиляционного воздуха следует обеспечить устройством внешней оболочки печи (European Commission, 2001, стр. 187–188). Дополнительным преимуществом обустройства систем сбора дымовых и отходящих газов является сокращение риска воздействия дымов и тяжелых металлов на работников предприятия.

##### **4.2.2. Высокоэффективное пылеудаление**

В процессе плавки образуются большие количества дисперсного вещества с большой площадью поверхности частиц, способных адсорбировать ПХДД/ПХДФ. Эти пыли следует надлежащим образом собирать и удалять для уменьшения выбросов ПХДД/ПХДФ. Собранная пыль подлежит обработке в высокотемпературных печах для уничтожения ПХДД/ПХДФ и регенерации металлов. Вопрос применения того или иного метода очистки газового потока (тканевые фильтры, мокрые или сухие скрубберы, керамические фильтры) следует решать на основе сравнительной оценки.

Обработка отходящих газов в скрубберах с бикарбонатом натрия позволяет удалить хлориды, выделяемые соляным флюсом, с образованием хлорида натрия, который может быть затем уловлен тканевыми фильтрами и вновь загружен в печь. Кроме того, применение каталитического покрытия на рукавах тканевых фильтров могло бы обеспечить окисление ПХДД/ПХДФ, адсорбированных на уловленном дисперсном материале (European Commission, 2001, стр. 294-300). Необходима также система быстрого охлаждения (см. ниже) для предотвращения формирования загрязнителей в системе очистки пыли.

##### **4.2.3. Дожигатели и водяное охлаждение**

Дожигатели (продуктов сгорания) следует применять для обеспечения полного сгорания органических соединений при минимальной температуре 950° С (Hübner et al., 2000). За этой стадией должно следовать быстрое охлаждение горячих газов до температур ниже 250° С. Вдувание кислорода в верхнюю зону печи способствует полному сгоранию топлива (European Commission, 2001, стр. 189).

Как показали наблюдения, ПХДД/ПХДФ образуются в интервале температур от 250° до 500° С и разрушаются в присутствии кислорода при температурах выше 850° С. Однако возможен *de novo* синтез этих соединений при прохождении охлаждаемых газов через «окно преобразования», существующее в системах очистки дымовых газов и относительно холодных частях печи. Чтобы свести к минимуму время пребывания реагирующих веществ в зоне температур, где возможны нежелательные химические преобразования, необходимо обеспечить надлежащее функционирование систем охлаждения (European Commission, 2001, стр. 133). Преимуществом охлаждения дымовых газов до очистки в скруббере является снижение объема газов и, соответственно, уменьшение размеров газоочистного оборудования, газопроводов, а также снижение энергетических потребностей в связи с перемещением и очисткой газов.

#### 4.2.4. Адсорбция на активированном угле

Рекомендуется применять очистку активированным углем, поскольку этот материал, обладая большой площадью поверхности, является идеальной средой для адсорбции ПХДД/ПХДФ. Для очистки отходящих газов можно применять реакторы с неподвижным или подвижным слоем катализатора. Возможен также ввод в газовый поток углерода с последующим его улавливанием тканевыми фильтрами высокоэффективных систем пылеудаления. Могут применяться также известково-угольные смеси.

#### 4.2.5. Фильтры с каталитическим покрытием

Японские исследователи в экспериментальных условиях использовали фильтры с каталитическим покрытием и получили обнадеживающие результаты. Такая фильтровальная система состоит из двух фильтров: один фильтр предназначен для улавливания сажи, а другой фильтр, покрытый катализатором, - для декомпозиции диоксинов и фуранов. В эксперименте было показано, что катализатор приводит к эффективному разложению диоксинов и фуранов при температурах 180 - 200° С.

### 4.3. Наилучшие имеющиеся методы

Ниже приводятся положения из руководства, принятого Японской Ассоциацией производителей легированных сплавов (Japan Aluminium Alloy Refiners Association, March 2004), которые могут считаться изложением наилучших имеющихся методов:

Ниже приводятся практические операционные руководства, для которых характерны следующие общие принципы:

- Не закупайте сырья, которое может производить дым. Плавнение материалов должно проводиться постепенно;
- Производите процессы плавления и сгорания без образования сажи или дыма;
- Незамедлительно подвергайте образовавшуюся сажу и дым обработке сжиганием;
- Осуществляйте быстрое охлаждение отходящих газов, имеющих высокие или средние температуры, до 170° С или ниже;
- Осуществляйте контроль СО в дымовых газах ( $CO \leq 50$  частей на миллион, управление отношением «воздух-топливо»).

Операционные руководства:

1. Вопросы, относящиеся к материалам и лому:

- Проводите жесткую сортировку до и после приема материалов;
- Отсортировывайте и удаляйте смолу и масла;
- Отсортировывайте и удаляйте инородные предметы и загрязнение смолами после процесса измельчения;

- Отказывайтесь в приемке материалов, загрязненных смолой или маслом, даже по ценам со скидкой.
2. В ходе процессов сгорания и плавления в плавильной камере:
- Постарайтесь, на сколько это возможно, избегать включения и отключения горелок, т.к. это приводит к неполному сгоранию и образованию сажи;
  - Загружайте материалы при включенной горелке и пропускайте образующийся дым и сажу через пламя для осуществления вторичного сгорания.
3. В процессе сгорания и плавления в открытой печи:
- Регулируйте соотношение «воздух-топливо» путем измерения концентраций CO и O<sub>2</sub> в отходящих газах газоотвода;
  - Для обеспечения нагревания и сжигания дыма и сажи, образующихся из загруженных в открытую печь материалов, пропускайте дым и сажу через пламя горелки;
  - Регулируйте подачу материалов плавления в соответствии со степенью формирования дыма и сажи:
    - Обеспечьте равномерную подачу сжигаемого материала (понемногу и повторно);
    - Обеспечьте полное сгорание по всей зоне сгорания, без участков неполного сгорания;
    - Не допускайте утечек дыма из-под вытяжного колпака;
  - Обеспечьте техническое обслуживание и поддержание рабочих параметров коллектора пыли (с регулярным проведением осмотров и заменой рукавных фильтров)
4. В течение процесса удаления магния:
- Обеспечьте временной интервал в 5-10 минут между гашением горелки и запуском хлорного процесса, а также между завершением хлорного процесса и зажиганием горелки; в течение перерыва производите отсос воздуха (выпуск остаточных газов);
  - Повышайте эффективность процесса путем увеличения изначальной температуры обработки расплава металла;
  - Сортируйте комбинированные материалы согласно количеству содержащегося магния;
  - Стандартизируйте количество используемого хлора и флюса.
5. При высушивании металлической стружки:
- Требуйте улучшения качества металлической стружки, содержащей избыточные количества смазочно-охлаждающего масла (с высоким содержанием хлора);
  - Проводите разогрев при высокой температуре, обеспечьте полный отвод отходящих газов сушильной печи и их последующее быстрое охлаждение (т.е. обеспечьте адекватный температурный контроль);
  - Регулярно измеряйте концентрацию CO в отходящих газах;
6. При удалении краски и обработке металлических банок (из под напитков):
- Удаление инородных веществ, таких как смолы и сгустки смол;
  - Поддержание стабильной работы разогревающей печи с постоянным режимом циркуляции и температуры отходящих газов.
7. Общие замечания:



- Необходимо производить техническое обслуживание и инспектирование коллектора пыли, замены рукавных фильтров, цикла перемешивания, давления газоотведения;
- Необходимо регулярно проводить на предприятии тренинги по экологическим вопросам для рабочих-плавильщиков;
- Для уже существующих установок целевые уровни концентраций диоксинов и фуранов в отходящих газах составляют  $< 1 \text{ нг I-TEQ/нм}^3$ .

## 5. Новые исследования

Каталитическое окисление лежит в основе новой технологии, применяемой в мусоросжигательных установках для устранения выбросов ПХДД/ПХДФ. Этот процесс доказал свою эффективность по разрушению ПХДД/ПХДФ в мусоросжигательных установках, что позволяет считать его перспективным для использования в печах для вторичной выплавки неблагородных металлов. Однако, в зависимости от выбора катализаторов в процессе каталитического окисления может происходить загрязнение остаточными металлами и другими загрязнителями отходящих газов. Поэтому прежде, чем использовать этот процесс, необходимо жестко оценить все параметры.

В результате каталитического окисления органические соединения преобразуются в воду, диоксид углерода ( $\text{CO}_2$ ) и соляную кислоту; катализатор из драгоценного металла повышает скорость реакции в диапазоне температур от  $370^\circ$  до  $450^\circ \text{ C}$ . Для сравнения отметим, что сжигание отходов обычно происходит при  $980^\circ \text{ C}$ . Показано, что каталитическое окисление разрушает ПХДД/ПХДФ с более коротким временем пребывания реагирующих веществ в активной зоне, меньшим расходом энергии и эффективностью 99%, что позволяет рекомендовать этот метод к внедрению. Для достижения оптимальной эффективности процесса, отходящие газы перед каталитическим окислением следует очистить от пыли. Этот метод эффективен в применении к паровой фазе загрязнителей. Получаемая соляная кислота подвергается очистке в скруббере, а вода и  $\text{CO}_2$  после охлаждения выбрасываются в атмосферу (Parvesse, 2001).

## 6. Сводная таблица рекомендуемых мер

В Таблицах 1 и 2 представлено обобщенное изложение описанных выше мер

**Таблица 1. Меры по внедрению рекомендуемых технологических процессов с новыми печами для выплавки вторичного алюминия**

Меры	Описание	Рекомендуемые процессы	Примечания
Внедрение рекомендуемых процессов	Для применения в новых установках следует рассмотреть различные рекомендуемые процессы плавки	Требуют рассмотрения следующие процессы: отражательная печь, вращающаяся печь, качающаяся вращающаяся печь, индукционная печь, шахтная печь системы Мелтауэра (Meltower)	Все виды оборудования следует применять в сочетании с надлежащими системами отвода и очистки дымовых газов

**Таблица 2. Обзор основных и дополнительных мер, рекомендуемых к внедрению на установках с печами для выплавки вторичного алюминия**

Меры	Описание	Рекомендуемые процессы	Прочие замечания
<b>Основные меры</b>			
Предварительная сортировка	Следует по возможности не допускать присутствия	Рассмотреть процессы:	Плавке должна предшествовать

Меры	Описание	Рекомендуемые процессы	Прочие замечания
загружаемого материала	масел, пластмасс и соединений хлора в загружаемом материале, чтобы ограничить образование ПХДД/ПХДФ при неполном сгорании топлива или de novo синтез этих загрязнителей	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Предотвращение или минимизация применения солей хлоридов</li> <li>• Очистка металлолома от масел, красок и пластмасс в процессе предварительной обработки</li> <li>• Применение методов термического удаления покрытий (например, центрифугирование с абразивной стружкой, сушка в абразивной среде)</li> </ul>	сортировка загружаемого материала, производимая с учетом типа печи и системы обезвреживания выбросов и позволяющая передать сырье, не пригодное для данной печи, на другие производственные объекты, более приспособленные для его переработки. За термическими процессами удаления покрытий и обезжиривания должно следовать дожигание, разрушающее все органические примеси в отходящих газах
Эффективное управление процессом	Системы управления технологическим процессом должны обеспечивать стабильность процесса и функционировать в диапазоне параметров, благоприятных для минимизации образования ПХДД/ПХДФ	Минимизация выбросов ПХДД/ПХДФ может быть достигнута управлением такими параметрами, как температура, время пребывания реагирующих веществ в активной зоне, состав газовых выбросов, и автоматическим управлением заслонками газоотводящих каналов, после стабилизации режима, оптимального по ограничению выбросов ПХДД/ПХДФ	Непрерывный мониторинг выбросов с анализом на ПХДД/ПХДФ проводился в некоторых отраслях (например, на мусоросжигательных установках), но исследования в этой области еще продолжаются
Выбор химикатов для удаления магния	Необходимо тщательно подбирать соответствующие химикаты и средства контроля процесса для обеспечения обработки отходящих газов	Применение гексахлорэтана для удаления магния может способствовать значимому образованию ПХДД/ПХДФ и ГХБ (информация по ПХБ отсутствует), но предоставляет серьезные технологические преимущества	
<b>Дополнительные меры</b>			
Улавливание дыма и газов	Эффективное улавливание дыма и газов с целью контроля выбросов должно осуществляться на всех стадиях процесса плавки	Рассмотреть процессы: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Применение герметизированных систем загрузки и печей</li> <li>• Контроль неорганизованных выбросов с поддержанием в печи разрежения, предотвращающего утечки</li> <li>• Локализация выбросов</li> </ul>	Если непосредственный отвод дымо- и газовой выделений и устройство вентиляционного укрытия неосуществимы, то возможность удаления, обработки и выброса вентиляционного

Меры	Описание	Рекомендуемые процессы	Прочие замечания
		<p>устройством газоотводящих каналов при невозможности герметизировать установку</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Устройство внешней оболочки печи или реактора</li> </ul>	воздуха следует обеспечить устройством внешней оболочки печи
Высоко-эффективное пылеудаление	<p>Твердые частицы, образующиеся в процессе плавки, следует удалять, так как эти дисперсные материалы имеют большую площадь поверхности, легко адсорбирующей ПХДД/ПХДФ. Надлежащая изоляция и удаление этих пылей способствуют уменьшению выбросов ПХДД/ПХДФ в атмосферу.</p>	<p>Рассмотреть процессы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Применение тканевых фильтров, сухих и мокрых скрубберов и керамических фильтров</li> <li>• Применение каталитического покрытия на рукавах тканевых фильтров для окисления ПХДД/ПХДФ, адсорбированных на уловленном дисперсном материале</li> </ul>	Уловленная пыль и твердые частицы подлежат обработке в высокотемпературных печах для разрушения ПХДД/ПХДФ и регенерации металлов
Дожигатели и водяное охлаждение	<p>Для обеспечения полного сгорания органических соединений при температурах <math>&gt; 950^{\circ}\text{C}</math> следует применять дожигатели с последующим быстрым охлаждением горячих газов до температур ниже <math>250^{\circ}\text{C}</math></p>	<p>Надлежит рассмотреть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Процессы образования ПХДД/ПХДФ при <math>250 - 500^{\circ}\text{C}</math> и их разрушения при температурах выше <math>850^{\circ}\text{C}</math> в присутствии <math>\text{O}_2</math></li> <li>• Требуемое для полного сгорания количество <math>\text{O}_2</math> в верхней зоне печи</li> <li>• Необходимость в надлежащих системах охлаждения для минимизации времени нежелательных химических преобразований</li> </ul>	Синтез de novo загрязнителей все еще возможен, поскольку охлаждение газов происходит через «окно преобразования»
Адсорбция на активированном угле	<p>В первую очередь следует рассмотреть возможность применения метода очистки отходящих газов активированным углем, поскольку этот материал, имеющий большую площадь поверхности, является идеальной средой, способной адсорбировать ПХДД/ПХДФ</p>	<p>Рассмотреть процессы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Обработка активированным углем в реакторах с неподвижным или подвижным слоем катализатора</li> <li>• Ввод в газовый поток углерода с последующим обеспыливанием газа тканевыми фильтрами или другими высокоэффективными обеспыливателями</li> </ul>	Возможно также применение известково-угольных смесей
<b>Новые исследования</b>			
Каталитическое окисление	Каталитическое окисление лежит в основе новой	<p>Надлежит рассмотреть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Эффективность процесса</li> </ul>	Показано, что каталитическое

Меры	Описание	Рекомендуемые процессы	Прочие замечания
	<p>технологии, возможность применения которой следует рассмотреть ввиду ее высокой эффективности и низкого энергопотребления.</p> <p>Каталитическое окисление с применением катализатора из драгоценных металлов преобразует органические соединения в воду, диоксид углерода (CO<sub>2</sub>) и соляную кислоту</p>	<p>в применении к паровой фазе загрязнителей</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Процесс очистки получаемой соляной кислоты в скрубберах с выбросом воды и CO<sub>2</sub> в атмосферу после их охлаждения</li> </ul>	<p>окисление разрушает ПХДД/ПХДФ с более коротким временем пребывания реагирующих веществ в активной зоне, меньшим расходом энергии и эффективностью 99%.</p> <p>Для обеспечения оптимальной эффективности процесса отходящие газы перед каталитическим окислением следует обеспылить</p>

## 7. Уровни эксплуатационной эффективности, соответствующие наилучшим имеющимся методам и наилучшим видам природоохранной деятельности

Уровень эксплуатационной эффективности по выбросам в атмосферу ПХДД/ПХДФ из печей для выплавки вторичного алюминия, соответствующий наилучшим имеющимся методам и наилучшим видам природоохранной деятельности, характеризуется значением < 0,5 нг I-ТЕО/нм<sup>3</sup> (при рабочих концентрациях кислорода)

### Ссылки на литературу

EPA (United States Environmental Protection Agency). 1994. *Secondary Aluminium Operations*. Background Report AP-42, Section 12.8. [www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch12/final/c12s08.pdf](http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch12/final/c12s08.pdf).

European Commission. 2001. *Reference Document on Best Available Techniques in the Non-Ferrous Metals Industries*. BAT Reference Document (BREF). European IPPC Bureau, Seville, Spain. [eippcb.jrc.es](http://eippcb.jrc.es).

Government of Japan. 2005. *Technical Information on Measures for Dioxins Discharge Control at Secondary Aluminum Refineries*. Government of Japan, Ministry of Economy, Trade and Industry.

Hübner C., Boos R., Bohlmann J., Burtscher K. and Wiesenberger H. 2000. *State-of-the-Art Measures for Dioxin Reduction in Austria*. Vienna. [www.ubavie.gv.at/publikationen/Mono/M116s.htm](http://www.ubavie.gv.at/publikationen/Mono/M116s.htm).

Japan Aluminium Alloy Refiners Association. 2004. *New Operation Guidelines to Suppress DXNs Emissions Exhaust Gas*.

Parvesse T. 2001. "Controlling Emissions from Halogenated Solvents." *Chemical Processing* 64(4):48–51.

### Прочие источники

Brodie D.J. and Schmidt H.W. 1999. "Custom-Designed Fluid Bed Calciner for Nabalco Pty Ltd." In: *Proceedings of 5th International Alumina Quality Workshop*, 21–26 March 1999, Bunbury, Australia.

Gunson A.J. and Jian Y. 2001. *Artisanal Mining in The People's Republic of China*. Mining, Minerals and Sustainable Development (MMSD), International Institute for Environment and Development (IIED), September 2001.

Schmidt H.W. and Stockhausen W. 2002. "Latest Developments in Circulating Fluid Bed Calcination Based on Operating Experience of Large Calciners." In: *Proceedings of 6th International Alumina Quality Workshop*, 8–13 September 2002, Brisbane, Australia.

Schmidt H.W., Stockhausen W. and Silberberg A.N. 1996. "Alumina Calcination with the Advanced Circulating Fluid Bed Technology." In: *Light Metals* (ed. Hale W.) TMS, Pennsylvania, United States.

UNEP (United Nations Environment Programme). UNEP News Centre.  
[www.unep.org/Documents.Multilingual/Default.asp?DocumentID=284&ArticleID=3204&l=en](http://www.unep.org/Documents.Multilingual/Default.asp?DocumentID=284&ArticleID=3204&l=en), as read on 20 January 2006.

Xinbin F., Guangle Q., Guanghui L., Ping L. and Shaofeng W. 2005. "Mercury Emissions from Artisanal Zinc and Mercury Smelting in Guizhou, PR China." Goldschmidt Conference Abstracts 2005: *The Geochemistry of Mercury* p. A705.

Xinbin F., Xianwu B., Guangle Q., Guanghui L. and Shunlin T. *Mercury Pollution in Guizhou, China: A Status Report*. [pbc.eastwestcenter.org/abstracts2005/abstract2005fengxinbin.htm](http://pbc.eastwestcenter.org/abstracts2005/abstract2005fengxinbin.htm), as read on 29 December 2005.

## (iv) Вторичное производство цинка

### Резюме

Выплавка вторичного цинка требует переработки сырьевых материалов различного происхождения, например таких, как пыли, улавливаемые в процессах производства сплавов меди и электродуговой плавки стали, остатки от измельчения стального лома и лом от процессов электролитического цинкования. Технологические процессы производства вторичного цинка охватывают сортировку исходного сырья, его предварительную очистку, дробление, вытопку в специальных печах при 364° С, плавление в плавильных печах, рафинирование, дистилляцию и легирование. Присутствие в сырье загрязнителей (масел и пластмасс), неполное сгорание и обработка в интервале температур между 250° и 500° С могут повлечь образование химических веществ, перечисленных в Приложении С Стокгольмской конвенции.

К наилучшим имеющимся методам относятся очистка сырья, поддержание температур выше 850° С, сбор дыма и газов, дожигание отходящих газов с последующим резким охлаждением, абсорбционная очистка активированным углем и обеспыливание тканевыми фильтрами.

Достижимая эксплуатационная эффективность по выбросам в атмосферу ПХДД/ПХДФ из печей для выплавки вторичного цинка, соответствующая наилучшим имеющимся методам и наилучшим видам природоохранной деятельности, составляет < 0,5 нг I-ТЕQ/нм<sup>3</sup> (при рабочих концентрациях кислорода).

### 1. Описание технологического процесса

Выплавка вторичного цинка требует переработки цинкового лома различного происхождения. К вторичным сырьевым материалам относятся пыли, улавливаемые в процессах производства сплавов меди и электродуговой плавки стали (в которых потенциально могут содержаться загрязнители из группы химических веществ, перечисленных в Приложении С к Стокгольмской конвенции), остатки от измельчения стального лома и лом от процессов электролитического цинкования. Применяемая технология зависит от чистоты цинка, характера и степени загрязнения. Лом перерабатывается в цинковую пыль, оксиды цинка или слябы. Три общими стадиями переработки являются предварительная обработка, плавка и рафинирование (ЕРА, 1981).

В процессе предварительной обработки лом подвергают сортировке, зависящей от содержания цинка и технологических требований, очистке, дроблению и классификации по размеру кусков. В печи для вытопки лом нагревается до 364° С. При этой температуре плавится только цинк, а остальные металлы остаются в твердом состоянии. Расплавленный цинк собирается на поде печи для вытопки и регенерируется. Оставшийся лом после охлаждения продают другим перерабатывающим предприятиям.

Предварительная обработка лома может включать операцию выщелачивания раствором бикарбоната натрия для преобразования оксидной пленки и металлургических шлаков в оксид цинка, подлежащий затем восстановлению в металлический цинк. Полученный оксид цинка рафинируется в печах первичной выплавки цинка.

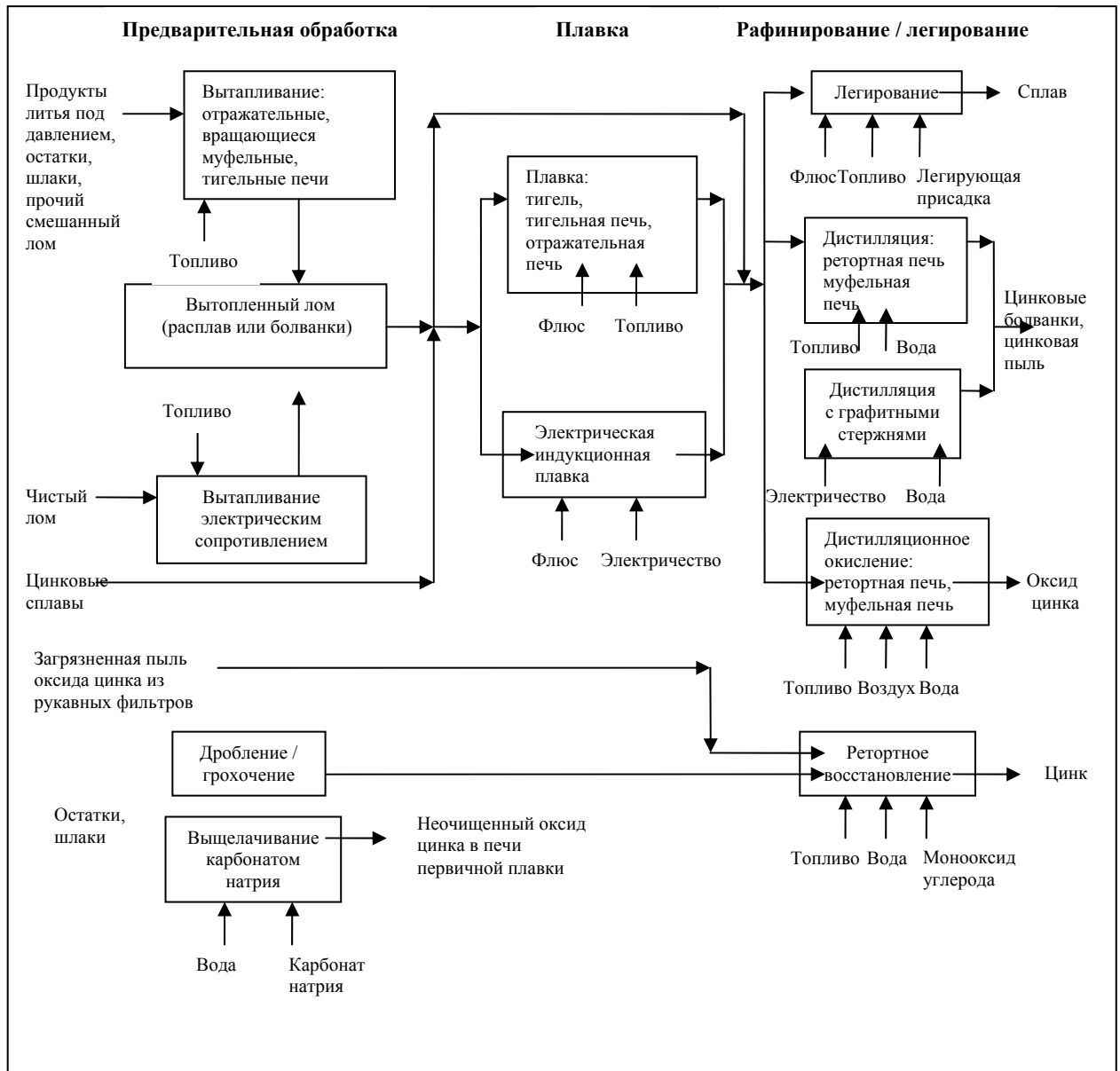
В процессах плавки применяют «котловые», тигельные, отражательные и электрические индукционные печи. Загрязнители выделяют из расплавленного цинка с помощью флюсующих материалов. В результате перемешивания флюс и загрязнители всплывают на поверхность, образуя слой скачиваемого шлака. Оставшийся цинк разливают в изложницы

или в расплавленном состоянии перемещают в цех рафинирования. Сплавы могут быть получены из предварительно обработанного лома в процессах вытапливания и плавки.

Рафинирование удаляет оставшиеся загрязнители из чистого лома цинковых сплавов и цинка, испарившегося в процессе плавки в ретортных печах. Процесс дистилляции охватывает испарение цинка при температурах от 982° С до 1249° С в муфельных или ретортных печах и конденсацию с получением цинковой пыли или жидкого цинка. В зависимости от температуры, времени тепловой релаксации, отсутствия или наличия кислорода и типа оборудования, используемого для конденсации паров цинка, цинк может быть получен в различных формах. Плавление в тигле представляет простую операцию плавления с косвенным обогревом, при которой конечный состав металла, отливаемого в слябы цинкового сплава, регулируется подачей лома в тигель. Этот процесс проходит без дистилляции.

Ассортимент конечных продуктов процессов рафинирования включает в себя цинковые болванки, цинковую пыль, оксид цинка и цинковые сплавы. Процесс производства вторичного цинка схематически показан на Рис. 1.

**Рисунок 1. Выплавка вторичного цинка**



Источник: EPA 1981.

Металлургическая деятельность на уровне малых и ремесленных предприятий может играть значительную роль, в частности, в развивающихся странах и странах с переходной экономикой. Такие предприятия значимо усугубляют загрязнение окружающей среды и оказывают негативное воздействие на здоровье человека. Например, ремесленная плавка цинка является серьезным источником выбросов ртути в атмосферу. Технологии, применяемые для плавления цинка и ртути, аналогичны. Руда нагревается в печи в течение нескольких часов с получением металлического цинка и жидкой ртути. Во многих случаях на таких плавильных установках вообще не применяется никакое оборудование по очистке воздуха. Известно, что в условиях ремесленного и малого предпринимательства производится вторичная выплавка и других металлов, таких как сурьма, железо, свинец, марганец, жесть, олово, вольфрам, золото, серебро, медь и алюминий.

Такая практика не относится к наилучшим имеющимся методам или наилучшим видам природоохранной деятельности. Тем не менее, на таких предприятиях, как минимум, должно устанавливаться надлежащее вентиляционное оборудование и должны соблюдаться надлежащие процедуры обращения с материалами.

## **2. Источники химических веществ, перечисленных в Приложении С Стокгольмской конвенции**

Образование химических веществ, перечисленных в Приложении С к Стокгольмской конвенции (среди которых наиболее изученными являются ПХДД/ПХДФ), может происходить в результате присутствия углерода и хлора в участках технологического процесса, где температура находится на уровне 250 - 450° С. Следует также отметить, что использование пыли из электродуговых печей и медеплавильных процессов может также приносить значимый уровень загрязнения в технологический процесс.

### **2.1. Общая информация о выбросах из печей для выплавки вторичного цинка**

Выбросы в атмосферу от плавки вторичного цинка могут быть организованными (через систему дымовых труб) или неорганизованными в зависимости от возраста металлургической установки и применяемой технологии. Главными загрязнителями выбросов являются диоксид серы (SO<sub>2</sub>), другие сернистые соединения и кислотные туманы, оксиды азота (NO<sub>x</sub>), металлы (в особенности цинк) и их соединения, пыли и ПХДД/ПХДФ. При переработке вторичного сырья с высоким содержанием серы, SO<sub>2</sub> улавливают и перерабатывают в серную кислоту на установках по производству кислоты. Неорганизованные выбросы SO<sub>2</sub> можно устранить применением эффективных вытяжных систем и герметизацией печей. Концентрацию NO<sub>x</sub> в выбросах можно уменьшить, используя горелки с низким выделением оксидов азота или кислородотопливные горелки. Твердые частицы улавливаются высокоэффективными системами пылеулавливания (например, тканевыми фильтрами) и возвращаются в процесс (European Commission, 2001, стр. 359-368).

### **2.2. Выбросы в атмосферу ПХДД/ПХДФ**

В процессе плавления благородных металлов ПХДД/ПХДФ образуются при поступлении загрязненного сырья (например, пыли из электродуговых печей), в результате неполного сгорания или возникают в процессах de novo синтеза при наличии в сырьевом материале органических и хлорсодержащих соединений, поступающих в непрогоревшем виде в зону охлаждения газов.

«Переработка загрязненного лома, например такого, как неметаллическая фракция от дезинтеграторов, часто сопровождается образованием загрязнителей, включая ПХДД/ПХДФ. Регенерация свинца и цинка требует относительно низких температур (340° и 440° С). Выплавка цинка может осуществляться с добавлением флюсов, в частности хлоридов цинка и магния» (UNEP, 2003, стр. 78).



Низкие температуры, применяемые при выплавке цинка, лежат непосредственно в диапазоне температур образования ПХДД/ПХДФ ( $250^{\circ} - 500^{\circ} \text{C}$ ). Ввод хлорсодержащих флюсов создает источник хлора. Образование загрязнителей может происходить в зоне горения при неполном сгорании органических соединений, а в секции охлаждения отходящих газов возможен процесс *de novo* синтеза. ПХДД/ПХДФ легко адсорбируются такими дисперсными материалами, как пыль, фильтрационная корка и продукты скруббера, и могут попадать в окружающую среду с газовыми выбросами, сточными водами и твердыми отходами.

«ПХДД/ПХДФ разрушаются в присутствии кислорода при температурах выше  $850^{\circ} \text{C}$ . Однако возможен синтез *de novo* этих соединений при прохождении охлаждаемых газов через «окно преобразования», которое может формироваться в системах термического обезвреживания газовых выбросов и относительно холодных частях печи, например в зоне загрузки. Чтобы свести к минимуму время пребывания реагирующих веществ в этом окне, т.е. в зоне температур, где возможны нежелательные химические преобразования, и предотвратить *de novo* синтез, необходимо использовать надлежащую конструкцию систем охлаждения (European Commission, 2001, стр. 133).

Правительство Японии издало доклад с результатами исследований технологий сокращения образования диоксинов и возможностей применения этих технологий на предприятиях по вторичному производству цинка в Японии. В докладе были представлены различные технологии очистки дымовых газов в соотнесении с НИМ и НВПД на примере пяти функционирующих предприятий. По представленным данным выбросы диоксинов варьируют в зависимости от типа печи. Концентрации выбросов диоксинов составляли  $0,91 - 40 \text{ нг I-TEQ/нм}^3$  до установки средств очистки отходящих газов и  $0,32 - 11,7 \text{ нг I-TEQ/нм}^3$  после установки таких систем. Когда на одном из предприятий к редуцирующей печи было добавлено современное воздухоочистное оборудование из двухступенчатого рукавного фильтра и двухступенчатой системы с впрыскиванием активированного угля, концентрации диоксина были снижены с  $3,30 \text{ нг I-TEQ/нм}^3$  до  $0,49 \text{ нг I-TEQ/нм}^3$  (Правительство Японии, 2005).

### **2.3. Выбросы в другие среды**

Сточные воды, образуемые стоками технологического процесса, сбросом охлаждающей воды и поверхностным стоком, подвергаются обработке в очистных сооружениях. Твердые отходы процесса утилизируют, обрабатывают с целью регенерации других металлов либо удаляют безопасными методами. Использование мокрых скрубберов приводит к формированию загрязненных стоков, а также остатков очистки этих стоков, которые в свою очередь требуют переработки; в системах улавливания твердых частиц формируются твердые остатки, которые также могут быть загрязнены. Эти остатки требуют надлежащего управления для того, чтобы избежать выброса загрязнителей.

## **3. Рекомендуемые технологические процессы**

Изменения загружаемого материала и требований к качеству продукции влияют на разработку проекта и технологическую схему производства. Технологические процессы производства вторичного цинка следует применять в сочетании с эффективными системами управления ходом процесса, сбора и очистки отходящих газов. Наилучшими имеющимися технологическими методами признаны следующие: физическое разделение, плавка и другие методы высокотемпературной обработки с последующим удалением хлоридов (European Commission, 2001, стр. 396).

Информация по альтернативным процессам выплавки вторичного цинка отсутствует.

## **4. Основные и дополнительные меры**

Ниже рассмотрены основные и дополнительные меры сокращения и устранения выбросов ПХДД/ПХДФ.

#### **4.1. Основные меры**

Основные меры основаны на методах предотвращения загрязнения, ставящих целью уменьшение или устранение образования и выброса стойких органических загрязнителей. К основным мерам относятся:

##### **4.1.1. Предварительная сортировка загружаемого материала**

Содержащее загрязнения сырье, например пыль из электродуговой печи и от медного производства, может содержать повышенные уровни ПХДД/ПХДФ и прочих химических веществ, перечисленных в Приложении С к Стокгольмской конвенции. Поэтому следует обращать особое внимание на эффективное уничтожение, улавливание и удаление любых подобных загрязнителей, привнесенных таким образом в технологический процесс.

Цинковый лом, направляемый на плавку, подлежит очистке от масел, красок и пластмасс, необходимой для уменьшения образования ПХДД/ПХДФ при неполном сгорании органических соединений или предотвращения их возникновения в процессах *de novo* синтеза. Однако, во многих случаях основной объем органического материала поступает вместе с топливом. Методы хранения, обращения и предварительной обработки загружаемого материала зависят от его гранулометрии, загрязнений и содержания металла.

Для удаления пластмасс можно применять измельчение и абразивную обработку в сочетании с воздушной сепарацией или разделением по плотности. После термического удаления покрытий и обезжиривания необходимо осуществить дожигание материала для разрушения всех органических веществ в отходящих газах (European Commission, 2001, стр. 232).

##### **4.1.2. Эффективное управление технологическим процессом**

Системы управления технологическим процессом должны обеспечивать стабильность процесса и функционировать в диапазоне параметров, благоприятных для минимизации образования ПХДД/ПХДФ, например поддерживать температуры печи выше 850° С для разрушения ПХДД/ПХДФ. В идеальном случае для планирования мероприятий по снижению выбросов ПХДД/ПХДФ требовался бы непрерывный мониторинг этих выбросов. Однако на практике такой мониторинг осуществляется только в отдельных случаях (например, на мусоросжигательных установках), и исследования в этой области еще продолжаются. В отсутствие непрерывного мониторинга ПХДД/ПХДФ обеспечение оптимальных условий эксплуатации для снижения выбросов ПХДД/ПХДФ требует непрерывного мониторинга и стабилизации таких прочих параметров, как температура, время пребывания реагирующих веществ в активной зоне, состав газовых выбросов, а также автоматического управления заслонками газоотводящих каналов.

#### **4.2. Дополнительные меры**

Дополнительные меры направлены на предотвращение загрязнения воздушной среды и предусматривают применение методов локализации и предотвращения выбросов. Эти методы не препятствуют образованию загрязнителей. Для сокращения или практического предотвращения образования загрязняющих веществ в зоне ограждения может использоваться быстрое охлаждение как основная мера, хотя эта мера может сопровождаться и принятием дополнительных мер.

##### **4.2.1. Улавливание дыма и газов**

Эффективное улавливание дыма и газов должно осуществляться на всех стадиях процесса плавки с целью контроля выбросов ПХДД/ПХДФ.

«Системы дымоулавливания можно сочетать с системами герметизации печей и проектировать с расчетом на поддержание в печах разрежения, предотвращающего утечки и неорганизованные выбросы. Можно применять системы, поддерживающие герметизацию печей, или устраивать дымоотводящие укрытия. Примерами могут служить устройства для ввода материалов через вентиляционные укрытия, фурмы

или трубки и применение прочных поворотных заслонок на каналах систем загрузки. Эффективная система дымоудаления, способная обеспечить удаление дыма от источника в течение потребного периода времени, потребляет мало энергии. Наилучшими имеющимися методами применительно к системам газо- и дымоудаления являются системы, в которых, если это практически оправдано, устройства охлаждения и рекуперации тепла размещаются перед тканевым фильтром.» (European Commission, 2001, стр. 397).

#### 4.2.2. Высокоэффективное пылеудаление

В процессе плавки образуются большие количества дисперсного вещества и соединения металлов с большой площадью поверхности частиц, способных адсорбировать ПХДД/ПХДФ. Эти пыли следует удалять для уменьшения выбросов ПХДД/ПХДФ. Для этого могут применяться различные методы очистки газового потока (тканевые фильтры, мокрые или сухие скрубберы, керамические фильтры). Собранный дисперсный материал обычно возвращают на переработку в печь.

Наиболее эффективным пылеуловителем являются тканевые фильтры из высококачественных материалов. К новейшим усовершенствованиям этого вида оборудования относятся системы обнаружения отказа рукавов, способы регенерации фильтров без перерыва их эксплуатации и каталитические покрытия, способствующие разрушению ПХДД/ПХДФ (European Commission, 2001, стр. 139–140).

#### 4.2.3. Дожигатели и водяное охлаждение

Дожигатели (продуктов сгорания) следует применять при минимальной температуре 950° С для обеспечения полного сгорания органических соединений (Hübner et al., 2000). За этой стадией должно следовать быстрое охлаждение горячих газов до температур ниже 250° С. Вдувание кислорода в верхнюю зону печи способствует полному сгоранию топлива (European Commission, 2001, стр. 189).

Как показали наблюдения, ПХДД/ПХДФ образуются в интервале температур от 250° до 500° С и разрушаются в присутствии кислорода при температурах выше 850° С. Однако возможен синтез de novo этих соединений при охлаждении газов в «окне преобразования», существующем в системах очистки дымовых газов и относительно холодных зонах печи. Чтобы свести к минимуму время пребывания реагирующих веществ в температурной зоне нежелательных химических преобразований, необходимо обеспечить надлежащее функционирование систем охлаждения (European Commission, 2001, стр. 133).

#### 4.2.4. Адсорбция на активированном угле

Для удаления ПХДД/ПХДФ из отходящих газов плавильной печи может быть применен метод очистки активированным углем. Активированный уголь имеет большую площадь поверхности, способной адсорбировать ПХДД/ПХДФ. Для очистки отходящих газов можно применять реакторы с неподвижным или подвижным слоем катализатора. Возможен также впрыск в газовый поток диспергированного угля, извлекаемого затем в виде пыли из тканевых фильтров высокоэффективных систем пылеудаления.

## 5. Новые исследования

Каталитическое окисление лежит в основе новой технологии, применяемой в мусоросжигательных установках для ликвидации выбросов ПХДД/ПХДФ. Этот процесс доказал свою эффективность по разрушению ПХДД/ПХДФ в мусоросжигательных установках, что позволяет считать его перспективным для использования в печах вторичной выплавки неблагородных металлов. Однако, в зависимости от выбора катализаторов в процессе каталитического окисления может происходить загрязнение остаточными металлами и другими загрязнителями отходящих газов. Поэтому прежде, чем использовать этот процесс, необходимо жестко оценить все параметры.

В результате каталитического окисления органические соединения преобразуются в воду, диоксид углерода (CO<sub>2</sub>) и соляную кислоту; катализатор из драгоценного металла повышает скорость реакции в диапазоне температур от 370° до 450° С. Для сравнения отметим, что сжигание отходов обычно происходит при 980° С. Показано, что каталитическое окисление разрушает ПХДД/ПХДФ с более коротким временем пребывания реагирующих веществ в активной зоне, меньшим расходом энергии и эффективностью 99%. Для достижения оптимальной эффективности процесса отходящие газы перед каталитическим окислением следует обеспылить. Этот метод эффективен в применении к паровой фазе загрязнителей. Получаемая соляная кислота подвергается очистке в скруббере, а вода и CO<sub>2</sub> после охлаждения выбрасываются в атмосферу (Parvesse, 2001).

## 6. Сводная таблица рекомендуемых мер

В таблицах 1 и 2 представлен перечень мер, изложенных в предыдущих разделах.

**Таблица 1. Меры по внедрению рекомендуемых технологических процессов с новыми печами для выплавки вторичного цинка**

Меры	Описание	Рекомендуемые процессы	Примечания
Внедрение рекомендуемых процессов	Для применения в новых установках следует рассмотреть различные рекомендуемые процессы плавки	Требуют рассмотрения следующие процессы: <ul style="list-style-type: none"> <li>Физическое разделение, плавка и другие методы высокотемпературной обработки с последующим удалением хлоридов</li> <li>Применение обжиговых печей типа Waelz, циклонных или конвертерных печей для повышения температуры и испарения металлов с последующим образованием оксидов, в дальнейшем регенерируемых из газового потока на стадии фильтрации</li> </ul>	Эти процессы надлежит применять в сочетании с надлежащими системами контроля, отвода и очистки дымовых газов. Печи типа Waelz могут быть значимым источником ПХДД/ПХДФ (и прочих химических веществ, перечисленных в Приложении С) – контроль за их применением и эксплуатацией является ключевым фактором сокращения общих выбросов

**Таблица 2. Обзор основных и дополнительных мер, рекомендуемых к внедрению на установках с печами для выплавки вторичного цинка**

Меры	Описание	Рекомендуемые процессы	Примечания
<i>Основные меры</i>			
Предварительная сортировка загружаемого материала	Пыли из электродуговых печей и медного производства, используемые в качестве цинкосодержащего сырья, могут содержать высокие уровни ПХДД/ПХДФ и прочих химических веществ, перечисленных в Приложении С. Цинковый лом, направляемый на	Рассмотреть процессы: <ul style="list-style-type: none"> <li>Удаление пластмасс посредством измельчения и абразивной обработки сырья в сочетании с воздушной сепарацией или разделением по плотности</li> <li>Удаление масел в процессах термического снятия покрытий и обезжиривания</li> </ul>	Термические процессы снятия покрытий и обезжиривания должны дополняться последующим дожиганием для разрушения всех органических веществ в отходящих газах

Меры	Описание	Рекомендуемые процессы	Примечания
	<p>плавку, подлежит очистке от масел и пластмасс, чтобы уменьшить образование ПХДД/ПХДФ при неполном сгорании органических соединений или их возникновение в результате de novo синтеза</p>		
<p>Эффективное управление процессом</p>	<p>Системы управления технологическим процессом должны обеспечивать стабильность процесса и функционировать в диапазоне параметров, способствующих минимизации образования ПХДД/ПХДФ</p>	<p>Минимизация выбросов ПХДД/ПХДФ может быть достигнута управлением такими параметрами, как температура, время пребывания реагирующих веществ в активной зоне, контролем состава газовых выбросов и автоматическим управлением заслонками газоотводящих каналов после стабилизации режима, оптимального по ограничению выбросов ПХДД/ПХДФ</p>	<p>Непрерывный мониторинг выбросов с анализом на ПХДД/ПХДФ проводился в некоторых отраслях (например, на мусоросжигательных установках), но исследования в данной области еще продолжаются</p>
<b>Дополнительные меры</b>			
<p>Улавливание дыма и газов</p>	<p>Эффективное улавливание дыма и газов должно осуществляться на всех стадиях процесса плавки с целью контроля выбросов ПХДД/ПХДФ</p>	<p>Рассмотреть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Системы герметизации печей, обеспечивающие поддержание в печах разрежения, предотвращающего утечки и неорганизованные выбросы</li> <li>• Устройство газоотводящих укрытий</li> <li>• Ввод материалов через вентиляционные укрытия, фурмы или трубки и применение прочных поворотных заслонок на каналах систем загрузки</li> </ul>	<p>Наилучшими имеющимися методами для систем газо- и дымоудаления являются системы с охлаждением газового потока и регенерацией тепла перед тканевым фильтром в тех случаях, когда это целесообразно, исключая случаи, когда эти операции интегрированы в процесс производства серной кислоты</p>
<p>Высоко-эффективное пылеудаление</p>	<p>Пыли и соединения металлов, образующиеся в процессе плавки, следует удалять, так как эти дисперсные материалы имеют большую площадь поверхности, легко адсорбирующей ПХДД/ПХДФ.</p>	<p>Рассмотреть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Применение тканевых фильтров, мокрых или сухих скрубберов и керамических фильтров</li> </ul>	<p>Наиболее эффективным пылеуловителем являются тканевые фильтры из высококачественных материалов. Уловленный дисперсный материал подлежит переработке в печи для регенерации металла</p>

Меры	Описание	Рекомендуемые процессы	Примечания
	Удаление этих пылей способствует уменьшению выбросов ПХДД/ПХДФ в атмосферу		
Дожигатели и водяное охлаждение	Дожигатели следует применять при температурах выше 950° С для обеспечения полного сгорания органических соединений. За этой стадией должно следовать быстрое охлаждение горячих газов до температур ниже 250° С	Надлежит рассмотреть: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Процессы образования ПХДД/ПХДФ при 250° – 500° С и их разрушения при температурах выше 850° С в присутствии O<sub>2</sub></li> <li>• Требуемое для полного сгорания количество O<sub>2</sub> в верхней зоне печи</li> <li>• Потребность в надлежащих системах охлаждения для минимизации времени нежелательных химических преобразований</li> </ul>	Синтез de novo загрязнителей все еще возможен, поскольку охлаждение газов происходит через «окно преобразования»
Адсорбция на активированном угле	В первую очередь следует рассмотреть возможность применения метода очистки активированным углем, так как этот материал, имеющий большую площадь поверхности, является идеальной средой, способной адсорбировать ПХДД/ПХДФ из отходящих газов	Рассмотрению подлежат: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Обработка активированным углем в реакторах с неподвижным или подвижным слоем катализатора</li> <li>• Впрыск в газовый поток диспергированного угля, извлекаемого затем из фильтров в виде пыли</li> </ul>	Возможно также применение известково-угольных смесей
<b>Новые исследования</b>			
Каталитическое окисление	Каталитическое окисление лежит в основе новой технологии, возможность применения которой следует рассмотреть ввиду ее высокой эффективности и низкого энергопотребления. Процесс каталитического окисления преобразует органические соединения в воду, CO <sub>2</sub> и соляную кислоту в присутствии катализатора из драгоценных металлов	Надлежит рассмотреть: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Эффективность процесса в применении к паровой фазе загрязнителей</li> <li>• Процесс очистки получаемой соляной кислоты в скрубберах с выбросом воды и CO<sub>2</sub> в атмосферу после их охлаждения</li> </ul>	Показано, что каталитическое окисление разрушает ПХДД/ПХДФ с более коротким временем пребывания реагирующих веществ в активной зоне, меньшим расходом энергии и эффективностью 99%. Для обеспечения оптимальной эффективности процесса отходящие газы перед каталитическим окислением следует обеспылить

## 7. Уровни эксплуатационной эффективности соответствующие наилучшим имеющимся методам и наилучшим видам природоохранной деятельности

Уровень эксплуатационной эффективности по выбросам в атмосферу ПХДД/ПХДФ из печей для выплавки вторичного цинка, соответствующий НИМ и НВПД, составляет менее 0,5 нг ТЕQ/н.м<sup>3</sup> (при рабочих концентрациях кислорода).

### Ссылки на литературу

EPA (United States Environmental Protection Agency). 1981. *Secondary Zinc Processing*. Background Report AP-42, Section 12.14. [epa.gov/ttn/chief/ap42/ch12/final/c12s14.pdf](http://epa.gov/ttn/chief/ap42/ch12/final/c12s14.pdf).

European Commission. 2001. *Reference Document on Best Available Techniques in the Non-Ferrous Metals Industries*. BAT Reference Document (BREF). European IPPC Bureau, Seville, Spain. [eippcb.jrc.es](http://eippcb.jrc.es).

Government of Japan. 2005. *Report on Dioxin Reduction Technologies and their Effects in Secondary Zinc Production Facilities of Japan*. Government of Japan, Ministry of Economy, Trade and Industry.

Hübner C., Boos R., Bohlmann J., Burtscher K. and Wiesenberger H. 2000. *State-of-the-Art Measures for Dioxin Reduction in Austria*. Vienna. [www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/M116.pdf](http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/M116.pdf).

Parvesse T. 2001. "Controlling Emissions from Halogenated Solvents." *Chemical Processing* 64(4):48–51.

UNEP (United Nations Environment Programme). 2003. *Standardized Toolkit for Identification and Quantification of Dioxin and Furan Releases*. UNEP, Geneva. [www.pops.int/documents/guidance/Toolkit\\_2003.pdf](http://www.pops.int/documents/guidance/Toolkit_2003.pdf).

### Прочие источники

Gunson A.J. and Jian Y. 2001. *Artisanal Mining in The People's Republic of China*. Mining, Minerals and Sustainable Development (MMSD), International Institute for Environment and Development (IIED), September 2001.

UNEP (United Nations Environment Programme). UNEP News Centre. [www.unep.org/Documents.Multilingual/Default.asp?DocumentID=284&ArticleID=3204&l=en](http://www.unep.org/Documents.Multilingual/Default.asp?DocumentID=284&ArticleID=3204&l=en), as read on 20 January 2006.

Xinbin F., Guangle Q., Guanghui L., Ping L. and Shaofeng W. 2005. "Mercury Emissions from Artisanal Zinc and Mercury Smelting in Guizhou, PR China." *Goldschmidt Conference Abstracts 2005: The Geochemistry of Mercury* p. A705.

Xinbin F., Xianwu B., Guangle Q., Guanghui L. and Shunlin T. *Mercury Pollution in Guizhou, China: A Status Report*. [pbc.eastwestcenter.org/abstracts2005/abstract2005fengxinbin.htm](http://pbc.eastwestcenter.org/abstracts2005/abstract2005fengxinbin.htm), as read on 29 December 2005.

## **Раздел VI**

### **Указания и руководящие принципы по категориям источников:**

#### **Категории источников в Части III Приложения С**

#### **Категория источников (а): Открытое сжигание отходов, включая сжигание мусорных свалок**



## Содержание

VI.A. Открытое сжигание отходов, включая сжигание мусорных свалок .....	3
1. Общие указания .....	3
1.1. Угрозы здоровью населения в результате открытого сжигания.....	3
1.2. Статус открытого сжигания .....	4
1.3. Научные данные и общие соображения .....	5
2. Преднамеренное сжигание биомасс .....	7
2.1. Сельскохозяйственные и зерновые остатки, порубочные остатки очищаемых от леса участков .....	7
3. Открытое сжигание смешанных потребительских отходов.....	9
3.1. Бытовые отходы, сжигание на закрытых и открытых свалках, безопасные промышленные отходы.....	9
3.2. Строительный мусор, мусор при сносе строений и разрушениях, вызванных катастрофами .....	12
4. Открытое сжигание специфических материалов и разное.....	14
4.1. Сельскохозяйственные пластиковые материалы .....	14
4.2. Автомобильные шины .....	15
4.3. Разливы нефти и газовые факелы .....	16
Ссылки на литературу.....	17

## Рисунки

Рисунок 1. Животные, пасущиеся вблизи участка открытого сжигания.....	5
Рисунок 2. Типичный вариант удаления смешанных отходов путем открытого сжигания .....	6
Рисунок 3. Централизованная сортировка отходов для рекуперации и рециркуляции .....	10

## VI.A. Открытое сжигание отходов, включая сжигание мусорных свалок

### Резюме

Открытое сжигание – экологически неприемлемый процесс, в котором образуются химические вещества, перечисленные в Приложении С Стокгольмской конвенции, и многочисленные другие загрязняющие окружающую среду продукты неполного сгорания. В соответствии с Приложением С, Часть V, Раздел А, подпараграф (f) Стокгольмской конвенции наилучшей рекомендацией является максимальное сокращение количества материалов, удаляемых путем открытого сжигания, с конечной целью полного отказа от этого метода.

К другим рекомендациям, которые могут способствовать улучшению ситуации в отношении сжигаемых материалов, относятся: избегать сжигания несгораемых материалов, таких как стекло и массивные металлические материалы, влажные отходы и трудносжигаемые материалы; избегать отходов с высоким содержанием хлора как в составе неорганических хлоридов (например, соли), так и в составе хлорированных органических веществ (например, ПВХ); и избегать материалов, содержащих даже в малых количествах такие каталитические металлы как медь, железо, хром и алюминий. Подлежащие сжиганию материалы должны быть сухими, однородными или хорошо перемешанными и иметь низкую плотность (например, непрессованные отходы).

В отношении самого процесса сжигания необходимо выполнять следующие рекомендации: обеспечивать подачу достаточного количества воздуха; поддерживать устойчивое горение или стабильную потерю массы; сводить к минимуму тление, возможно даже путем прямого тушения; и ограничивать горение небольшим, активно перемешиваемым и хорошо вентилируемым пламенем, а не вести сжигание в больших плохо вентилируемых отвалах или контейнерах.

### 1. Общие указания

Открытое сжигание включает целый ряд различных неконтролируемых процессов сжигания отходов, включая сжигание в отвалах, сжигание в ямах, костры на земле и сжигание в бочках. Для жителей многих стран мира открытое сжигание является самым дешевым, легким и наиболее гигиеничным средством уменьшения объема и уничтожения горючих материалов. Это особенно справедливо для людей, не имеющих доступа к организованному удалению отходов и вынужденных пользоваться своими собственными устройствами для удаления материалов.

#### 1.1. Угрозы здоровью населения в результате открытого сжигания

Данные современных исследований говорят о том, что открытое сжигание представляет собой более серьезную угрозу здоровью населения и окружающей среде, чем полагали ранее. Низкотемпературное сжигание и условия тления, характерные для открытого сжигания, способствуют формированию многих токсичных и потенциально опасных химических веществ, включая вещества, перечисленные в Приложении С Стокгольмской конвенции. Такие вещества могут формироваться при открытом сжигании независимо от состава сжигаемых материалов. Эти вещества, формирующиеся от источников открытого сжигания, могут перемещаться на большие расстояния и оседать на почве, растениях и в воде.

Оставшаяся после сжигания зола также содержит загрязняющие вещества, которые могут проникать в почву и воду. Эти загрязнители поглощаются животными и рыбами и накапливаются у них в тканях, а растения впитывают их через поверхность листьев. Вместе с загрязненной пищей эти загрязняющие вещества попадают в организм человека. Кроме того, дым и твердые частицы от источников открытого сгорания могут вызывать заболевания респираторного тракта, особенно у детей, стариков, лиц, страдающих астмой или иными респираторными заболеваниями, хроническим заболеваниями сердца и легких.

## 1.2 Статус открытого сжигания

Хотя настоящий документ содержит указания по практике открытого сжигания, они не устраняют экологического вреда и не должны рассматриваться как лицензия на продолжение практики открытого сжигания, которую следует свести к минимуму и устранить как можно скорее там, где это осуществимо. В тех случаях, когда отсутствуют альтернативные методы удаления или утилизации материалов вследствие отсутствия или недоступности инфраструктуры, либо требуется санитарно-гигиеническое удаление какого-либо необычного материала для борьбы с болезнью или вредителями, либо в случае чрезвычайных ситуаций или катастроф открытое сжигание может рассматриваться как крайнее средство (Great Lakes Binational Toxics Strategy, 2004). Однако бытовые отходы никогда не следует сжигать в таких бытовых сжигающих устройствах как кухонные плиты, камины или печи (см. Раздел VI.C настоящего документа).

Открытое сжигание отходов, в том числе сжигание отходов на свалках с целью уменьшения объема накопившихся материалов, указано в Приложении С, Часть III Стокгольмской конвенции как непреднамеренный источник стойких органических загрязняющих веществ. Более того, в подпараграфе (f) Приложения С, Часть V, Раздел А указывается цель «прекращения открытого или иного неконтролируемого сжигания отходов, включая сжигание свалок мусора».

Хотя для Стокгольмской конвенции представляют обзабоченность такие стойкие органические загрязнители как полихлорированные дибензо-п-диоксины (ПХДД), полихлорированные дибензофураны (ПХДФ), полихлорированные бифенилы (ПХБ) и гексахлорбензол (ГХБ), являющиеся продуктами неполного сгорания, открытое сжигание ответственно за образование токсичных побочных продуктов, выходящих далеко за рамки названных химических веществ. В число других побочных продуктов входят полициклические ароматические углеводороды, образуемые при горении твердые частицы, бензол и окись углерода. Вне зависимости от конкретного химического вещества, открытое сжигание всегда сопровождается дымом и неприятными запахами, которые в лучшем случае раздражают, а в худшем – опасны для здоровья. Ликвидация перечисленных в Стокгольмской конвенции стойких органических загрязнителей не понизит выбросы при открытом сжигании в такой степени, чтобы можно было признать открытое сжигание предпочтительным для окружающей среды способом удаления отходов. Необходимо, чтобы главное внимание при осуществлении рекомендаций Стокгольмской конвенции было обращено на установление альтернатив открытому сжиганию, а не на простые попытки усовершенствовать плохую практику. Выполнение этого указания не следует рассматривать как одобрение или обоснование такой практики.

Усилия по уменьшению открытого сжигания должны быть сосредоточены на получении поддержки правительственных органов, частного сектора и общественности в поиске альтернативных вариантов обработки изделий с закончившимся сроком службы и управления отходами. Правительственные органы, ответственные за общественную политику в области охраны здоровья и образования, должны так же глубоко заниматься этими поисками, как и органы, ответственные за политику, проводимую в отношении отходов. Технические руководящие принципы, принятые Базельской конвенцией, содержат основные указания по альтернативам открытому сжиганию и по их осуществлению (Basel Convention Secretariat, 1994).

Странам следует усиленно заниматься определением и осуществлением обоснованных методов управления отходами, включающих в себя снижение использования ресурсов, повторное использование материалов, рециркуляцию материалов, компостирование отходов, современные методы гигиенического удаления мусора на свалки и мусоросжигание с использованием наилучших имеющихся методов. Мероприятия по выполнению Конвенции и механизмы ее финансирования могут оказать помощь при моделировании образцовых систем управления отходами, альтернативных открытому сжиганию. Кроме того, необходимы образовательные программы и учебные материалы для просвещения целевой аудитории (например, работников предприятий по сбору и переработке мусора) в отношении рисков для здоровья человека и окружающей среды от источников открытого сжигания; разработка таких программ должна считаться частью усилий по сведению к минимуму практики открытого сжигания (Canadian Centre for Pollution Prevention 2006; EPA 2006).

Многие страны приняли регламенты и запреты в отношении различных методов открытого сжигания (Government of New Zealand 2006). В некоторых из этих регламентов содержатся

конкретные руководства по категориям, включенным в данный раздел, включая автомобильные покрышки и отработанные масла. Внедрение в жизнь подобных регламентов зависит от доступности для населения приемлемых альтернативных систем сбора и удаления отходов.

В этом разделе указаний рассматривается ряд конкретных видов открытого сжигания, объединенных в группы, для которых средства уменьшения выбросов стойких органических загрязнителей аналогичны (Lemieux, Lutes и Santoianni, 2004). Случайные возгорания и преднамеренное сжигание не относящихся к отходам материалов здесь не рассматриваются, однако они также могут быть источниками стойких органических загрязнителей. Стороны Стокгольмской конвенции призваны предпринимать шаги по предотвращению аварийного сжигания биомасс всех типов, а также случайных пожаров в жилом секторе, офисах и автомобилях. Стороны могут также поставить вопрос об ограничениях на фейерверки или иные увеселительные мероприятия, связанные с открытым горением.

### 1.3 Научные данные и общие соображения

Состав отходов может быть разным в зависимости от источника. Бытовые отходы могут содержать больше органических материалов, промышленные отходы – больше металлов и, возможно, органических соединений. Некоторые отходы, даже бытовые отходы одежды и кожаных изделий, могут содержать стойкие органические загрязнители (UNEP 2003). В разделах III.C (i) и (ii) настоящего руководства описываются механизмы образования стойких органических загрязнителей и их связи с материалами, которые могут содержаться в отходах. Ниже, в подпараграфе 1.3.1 приводятся общие сведения по материалам и процессам; в подразделах 2-4 содержится дополнительная информация по составу материалов в различных видах отходов.

Состав отходов также различается по странам и меняется со временем. Получение точных данных о составе отходов из каждой страны будет способствовать улучшению общего управления отходами, повышению объемов рециркулируемых отходов и снижению объемов отходов, сжигаемых открытым способом.

#### Рисунок 1. Животные, пасущиеся вблизи участка открытого сжигания



Открытое сжигание может негативно повлиять на пасущихся животных, которые, кроме того, могут проглотить вредные вещества с пищей. Фото: Офис СОЗ, Кения.

В отношении образования стойких органических загрязнителей при неконтролируемом сжигании отходов имеются лишь скудные данные. Большинство экспериментов проводилось в условиях сжигания в бочке, а по сжиганию в отвалах, ямах или на земле данных почти не имеется.

«Стандартизованное руководство ЮНЕП по идентификации и квантификации выбросов диоксинов и фуранов» (UNEP 2003) представляет надежную основу для подсчетов выбросов диоксинов и фуранов. Ряд сторон, завершивших при помощи данного руководства инвентаризацию источников диоксинов и фуранов, пришли к выводу, что открытое сжигание отходов является одним из четырех крупнейших источников диоксинов и фуранов.

### 1.3.1 Процесс сжигания

В краткосрочном плане там, где отсутствуют реальные средства устранить все места открытого сжигания, наилучший выход состоит в уменьшении количества материалов, уничтожаемых с помощью открытого сжигания. Такой подход согласуется со Стокгольмской конвенцией и ее целью ликвидации открытого сжигания.

К другим рекомендациям, которые могут способствовать улучшению ситуации, относятся следующие (Gullett, 2003):

В части сжигаемых материалов:

- Следует избегать сжигания негорючих материалов (например, стекла и насыпных металлических деталей), влажных отходов и трудносжигаемых материалов;
- Следует избегать сжигания отходов с высоким содержанием хлора и/или брома как в составе неорганических хлоридов (например, соли), так и в составе хлорированных органических веществ (например, ПВХ) (Lemieux et al., 2003);<sup>1</sup>
- Следует избегать сжигания материалов, содержащих даже в малых количествах такие каталитические металлы как медь, железо, хром и алюминий;
- Подлежащие сжиганию материалы должны быть сухими, однородными или хорошо перемешанными и иметь низкую плотность (например, непрессованные отходы).

В части процесса сжигания:

- Обеспечивать подачу достаточного количества воздуха;
- Поддерживать устойчивое горение или стабильную потерю массы ;
- Сводить к минимуму тление, возможно даже путем прямого тушения. Тление представляет собой фазу сжигания, характеризуемую наибольшим образованием стойких органических загрязнителей (Lemieux et al. 2003);
- Ограничивать горение небольшим, активно перемешиваемым и хорошо вентилируемым пламенем, а не вести сжигание в больших плохо вентилируемых отвалах или контейнерах.

### Рисунок 2. Типичный вариант удаления смешанных отходов путем открытого сжигания



Потенциально взрывоопасные вещества (например, аэрозольные баллончики, контейнеры, частично заполненные легковоспламеняющимися жидкостями) и опасные материалы следует удалять, особенно те, которые подлежат уничтожению при использовании наилучших имеющихся

<sup>1</sup> “Не обнаружено никакого различия в величине log (TEQ) между неорганическими (7% Cl в CaCl<sub>2</sub>) и органическими источниками хлора (7% Cl в ПВХ)” (Lemieux et al. 2003).

методов, описанных в других разделах настоящих руководящих принципов (см. Раздел V.A.(i), параграф 2.2 настоящих руководящих принципов).

### **1.3.2. Обращение с сожженными отходами**

Перед тем как сожженные отходы можно будет погрузить или захоронить, их нужно полностью потушить. Невыполнение этого требования может привести к неуправляемому горению на больших площадях или к непрерывному тлению. Золу, полученную при сжигании смешанных отходов, следует хранить вдали от фуражных участков и зарывать в землю, а не разбрасывать по поверхности.

### **1.3.3. Вопросы охраны здоровья и безопасности**

Помимо выполнения вышеупомянутых указаний, следует предпринимать шаги по перекрытию путей воздействия диоксинов и фуранов на человека. Общепринято считать, что наибольшее воздействие на человека оказывает пищевая цепь. Поэтому необходимые площадки для сжигания отходов следует располагать вдали от мест выращивания растений и животных, осуществляемого с целью приготовления пищевых продуктов. Хорошей практикой считается также размещение площадок для сжигания вдали от населенных мест или, в самом крайнем случае, на подветренной стороне от жилой застройки.

Помимо изоляции граждан от связанных с открытым сжиганием дурных запахов, неудобств и потенциальной опасности токсического воздействия, во всех случаях (будь то на свалке или на отдаленной мусоросжигающей установке) персонал, выполняющий сжигание, должен находиться на подветренной стороне от горящих отходов и не соприкасаться с ними. Можно порекомендовать использование такой защитной спецодежды как перчатки, сапоги и комбинезоны, а также респираторов и защитных очков.

### **1.3.4. Промежуточные технологии сжигания**

Для сжигания мусора промышленностью выпускаются устройства, которые поставщики называют «мусоросжигающими установками». В некоторых случаях эти устройства могут быть очень простыми и выполняться в виде стальных барабанов или бочек, которые содержат отходы, но не обеспечивают наилучших имеющихся методов сжигания. В рамках настоящих указаний мы рассматриваем открытое сжигание как любую форму горения удаляемых отходов (в кучах, металлических бочках или печах), которое не удовлетворяет нормативам выбросов при мусоросжигании (с использованием наилучших имеющихся методов) городских, медицинских или опасных отходов, определенных одной из Сторон.

Полезность таких промежуточных средств сжигания ограничена нехваткой данных по образованию стойких органических загрязнителей. Настоятельно рекомендуется, чтобы производители этих устройств предоставляли такие данные соответственно типу отходов, для которых такие устройства предназначены.

## **2. Преднамеренное сжигание биомасс**

### **2.1. Сельскохозяйственные и зерновые остатки, порубочные остатки очищаемых от леса участков**

#### **2.1.1. Состав материала**

В общем случае этот материал представляет собой биомассу – деревья, траву и другую растительность. В зависимости от местонахождения, этот материал может включать в себя сизаль, кофейную лужгу, кукурузные (маисовые) кочерыжки и стебли, жом сахарного тростника и рисовую шелуху. Материал может состоять из свежесобранных растений, валежника или порубленных и высушенных растительных остатков. Преднамеренное сжигание не представляет собой хорошо управляемого процесса, несмотря на то, что географические границы подлежащего сжиганию материала могут быть достаточно хорошо определены.

Материалы биомассы различаются по содержанию в них влаги ( в живом растении больше, чем в сжатом; во влажный сезон больше, чем в сухой; при меньшей влажности меньше, чем при высокой), по топливной плотности (масса в расчете на гектар и степень уплотненности или иная мера) и по видам. Материалы биомассы изменяются по содержанию в них естественного хлора, а

могут содержать химические вещества, попавшие в них при обработке (хлорированные пестициды или удобрения), а также металлы, способные служить катализаторами в реакциях образования стойких органических загрязнителей (например, медь, которая содержится в дереве, обработанном медно-хромовым арсенатом), или ингибиторы (сера, азотосодержащие материалы). При этом все они могут влиять на образование стойких органических загрязнителей во время неконтролируемого сжигания (см. выше параграф 1.3). Имеются опубликованные результаты некоторых исследований по крупномасштабному сжиганию биомассы (Lobert et al., 1999; Nussbaumer and Hasler, 1998; Gullett and Touati, 2003; Gullett and Touati, 2002).

### **2.1.2. Барьеры на пути отказа от открытого сжигания; политика или меры по устранению барьеров**

Предписываемое сжигание может быть разрешено правительством по соображениям экономической выгоды (снижение стоимости), сельскохозяйственной выгоды (зола для обработки почвы), предотвращения рисков (например, для минимизации рисков пожаров буша в Австралии), борьбы с термитами, пресмыкающимися или иными вредителями, а также по соображениям удобства или восстановления земель. В каждом из этих случаев правительство имеет право отобрать разрешение на такое сжигание и объяснить общественности вредную природу открытого сжигания, особенно если сжигание ведется в больших масштабах. В некоторых случаях (например, при борьбе с термитами) открытое сжигание биомассы может оказаться наименее проблематичным с экологической точки зрения решением. Определяющим соображением может стать высокая стоимость или отсутствие альтернативных средств удаления биомассы либо возможности по управлению окружающей средой.

### **2.1.3. Методы и политические инструменты, используемые с целью избежания, сокращения или иного использования отходов**

Там где это возможно, механизированная уборка урожая, объединенная с альтернативными неразрушающими методами использования собранных материалов, может понизить необходимость в их массовом сжигании. В животноводческих районах материал можно собирать для силосования. Траву можно высушивать на сено; другие отходы зерновых культур можно обрабатывать с целью получения фуража, ферментации, разложения на месте или в компостных ямах; деревья качественных пород могут быть использованы как лесоматериал; отходы со скотных дворов можно компостировать и использовать в качестве удобрения для почвы; некоторые нетрадиционные виды биомассы можно применять в качестве сырьевого материала при изготовлении бумаги. В большинстве случаев эти альтернативные методы требуют также наличия рынка и инфраструктуры.

Экономически выгодные результаты можно получить, если компостировать остатки сельскохозяйственных растительных культур, особенно в районах с бедными почвами. Методы нулевого сжигания, описанные в трудах Ассоциации стран южно-восточной Азии, следует применять всюду, где это применимо для региона и сельскохозяйственных культур (ASEAN Secretariat, 2003). Уменьшение и устранение выбросов стойких органических загрязнителей, образующихся при открытом сжигании, позволяет создать благоприятные условия для реформирования сельскохозяйственной практики.

### **2.1.4. Альтернативные методы, барьеры на пути их использования и политические инструменты для удаления барьеров**

Альтернативные методы изменяются в зависимости от ситуации. К числу барьеров относятся недостаточное образование, отсутствие правительственной воли, направленной на уменьшение зависимости от открытого сжигания для достижения имеющихся целей, и отсутствие альтернативных машин или процессов, в результате чего открытое сжигание является неотъемлемой частью местного сельского хозяйства. Барьером может стать стоимость альтернативного решения любой формы, и, как и в случае проведения любых реформ, для внедрения изменений могут потребоваться или стать желательными экономические инструменты. Пониманию осуществимости альтернативных решений могут помочь демонстрационные проекты и региональные исследования.

### **2.1.5. Методы сжигания, особенности и средства совершенствования**

Когда открытое сжигание биомассы разрешено в соответствии с правительственной политикой, следует реализовать усовершенствования процесса, отмеченные в общих указаниях. Тщательное планирование предписанных случаев сжигания, скорректированное на погодные условия, позволит улучшить контроль за выбросами и уменьшить воздействие дыма на население, находящееся на подветренной стороне. После окончания процесса сжигания может возникнуть проблема обращения с золой.

Применение химических реагентов в сельском и лесном хозяйствах следует свести к минимуму, сообразуясь с местными нуждами и пользуясь хорошей организацией процесса. Там где возможно проводить механическую вырубку и альтернативное использование собранного материала, можно избежать случайных пожаров; однако в некоторых местных ситуациях может быть разрешено лимитированное сжигание биомассы в рамках общей схемы управления землями, если такое сжигание помогает предотвратить более опустошительные непреднамеренные пожары с сопутствующими им крупными выбросами стойких органических загрязнителей. Хорошо понимая возможность потери контроля над разрешенным сжиганием, следует предусматривать все целесообразные дополнительные меры по уменьшению пожаров, а именно: обучение персонала, оборудование, планирование, а также развитие инфраструктуры (доступ, дороги) и административное планирование.

### **3. Открытое сжигание смешанных потребительских отходов**

#### **3.1. Бытовые отходы, сжигание на закрытых и открытых свалках, безопасные промышленные отходы**

##### **3.1.1. Состав материала**

Бытовые отходы и состав закрытых и открытых свалок могут быть в качественном отношении очень похожими. Они могут существенно отличаться, когда их состав изменен в результате каких-либо программ (таких как рециркуляция, сбор утиля и металлолома, компостирование и другие виды разделения отходов), при выполнении которых удаляют конкретные потоки на пути между пунктами сбора и могильниками отходов. Безопасные отходы могут накапливаться в таких коммерческих учреждениях, как магазины, рестораны и предприятия легкой промышленности. Эти отходы отличаются в соответствии с их конкретным источником, но могут содержать и многие материалы, обнаруживаемые в бытовых отходах.

Открытое сжигание отходов явилось темой значительного исследования (Lemieux et al. 2003). Однако данных, относящихся к сжиганию отходов на открытых свалках и к формированию стойких органических загрязнителей, по-видимому, очень мало (Lemieux, Lutes and Santoianni, 2004).

Исследования состава отходов показывают на его изменения от страны к стране, особенно на различие состава в развитых и развивающихся странах. В развивающихся странах до 50% состава отходов может приходиться на отходы, подверженные гниению – например, на кухонные отходы. В развитых странах в отходах больше встречаются упаковочные и связанные с электроникой материалы, если только они не были удалены другими системами по обработке изделий с закончившимся сроком службы. Значительные различия могут также существовать между городскими и сельскими отходами, а также между отходами из различных регионов, независимо от их развитости. В общем случае потоки бытовых отходов и закрытых свалок содержат бумагу, пластмассы, органику (например в виде пищевого мусора), стекло, металлы, дерево, кожу и различные другие материалы. При плохо контролируемых условиях в считающиеся безопасными закрытые и открытые свалки могут попасть такие опасные бытовые отходы как чистящие средства, краски и растворители.

Управленческие методы позволяют изменить состав и работу закрытой или открытой свалки. В современной, разбитой на отсеки, закрытой свалке к мусору ежедневно добавляют покрытие, состоящее из грунта или глины, что позволяет снизить содержание влаги и уменьшает вероятность спонтанного самовозгорания отходов. По сравнению с такой свалкой традиционная открытая свалка организована значительно хуже и риск возникновения спонтанных пожаров на ней выше.

На всех площадках удаления отходов генерируется некоторое количество горючего газа (например, метана), что происходит из-за анаэробного разложения находящихся внутри свалки



органических материалов. Если образование такого газа не контролировать, он становится высокогорючим топливом, воспламеняемым либо самостоятельно, либо из-за несанкционированного вмешательства человека. Он является также газом, создающим сильный парниковый эффект. В настоящее время в целях обеспечения безопасности и утилизации энергии спроектированы и построены системы по сбору метана, являющиеся частью современной технологии для закрытых свалок.

### **3.1.2. Барьеры на пути отказа от открытого сжигания; политика или меры по устранению барьеров**

#### **3.1.2.1. Бытовые отходы**

Бытовые отходы сжигают на открытом воздухе, если затраты, удобства или местные обычаи и социальная приемлемость делают такой вариант привлекательным для граждан или групп граждан. В тех случаях, когда люди живут далеко за пределами влияния городских властей, решения по удалению отходов несомненно носят произвольный характер. Без использования соответствующих систем они носят произвольный характер даже в пределах влияния городских властей.

Для того, чтобы устранить открытое сжигание, необходимо иметь приемлемые альтернативные методы, а общественность должна знать о них и о вреде, приносимом открытым сжиганием.

### **Рисунок 3. Централизованная сортировка отходов для рекуперации и рециркуляции**



При централизованном сборе или сборе на месте источника, рециркуляция, транспортировка или иные методы удаления отходов должны быть приемлемыми по затратам и эффективными. Закрытые свалки следует проектировать и эксплуатировать в соответствии с современными стандартами (Hickman and Eldredge, 2004). Если используется сжигание, то предпочтение безоговорочно должно быть отдано мусоросжигающим установкам с использованием наилучших имеющихся методов и с утилизацией энергии.

Правительство должно взять на себя ответственность за создание систем утилизации и удаления отходов в форме муниципальных предприятий или служб. Страны и муниципалитеты должны поэтому проявить волю и в законодательном порядке требовать прекратить сжигание отходов и принять на себя ответственность за исполнение принятых законов. Кроме того, там где выбран вариант закрытых свалок, в планы и правила по регулированию отходов необходимо включать возможность выделения новых площадей под такие свалки, что позволит сохранять пропускную способность по удалению отходов.

Простое принятие ответственности за обеспечение систем по регулированию отходов само по себе может и не означать окончания практики открытого сжигания. Отходы можно собирать и удалять на закрытые или открытые свалки, которые сами могут быть местами открытого сжигания. Для оказания таких централизованных услуг необходимо разработать и применять определенную политику и практические методы. Самовозгорание и горение на свалках можно уменьшить путем

отбора газа либо введения регламентов для строительства современных закрытых свалок и планомерного закрытия устаревших открытых свалок.

#### **3.1.2.2. *Случайное сжигание вследствие антропогенных факторов***

Случайное сжигание отходов на открытых свалках вследствие антропогенных факторов можно уменьшить путем запретов, лицензирования или ограничения доступа к закрытым и открытым свалкам. Во многих случаях пожары происходят по вине мусорщиков, живущих и работающих на территории свалки. Случайные пожары или преднамеренное сжигание могут привести к воспламенению отбросов или накапливаемого на свалке газа, Власти должны взять на себя обязательства внедрять в действие правила организации мусороуборочных операций, обеспечения техники безопасности для рабочих, а также ограничения доступа на закрытые свалки и явного проживания на их территории.

#### **3.1.2.3. *Преднамеренное сжигание вследствие антропогенных факторов***

Власти должны запрещать преднамеренное сжигание вследствие антропогенных факторов, т.е. сжигание содержимого открытых свалок с целью уменьшения их объема. Для того чтобы избежать необходимости сжигания открытых свалок, следует выполнить достаточно большой объем планирования, учитывающего размеры закрытой свалки, полосу отчуждения, местоположение и способы регулирования отходов, а также разработать программы по уменьшению объемов и ликвидации отходов.

Регулирование отходов – это целая система. Там где эта система работает так, что окончательно удаление соответствующих отходов становится коллективной, а не индивидуальной ответственностью, прямые расходы могут возрасти, но в целом затраты на охрану окружающей среды и экологическое воздействие уменьшаются.

### **3.1.3. Стратегии и политические инструменты, используемые с целью избежания, сокращения или иного использования отходов**

#### **3.1.2.4. *Сокращение источников***

Тщательное исследование состава местных отходов помогает разработать конкретные программы уменьшения больших объемных потоков отходов. Например, в некоторых случаях массовая закупка изделий позволяет уменьшить необходимость в отдельной упаковке каждого изделия. Такой и другие подобные методы могут видоизменяться в зависимости от плотности населения.

#### **3.1.2.5. *Компостирование***

В случаях, когда значительная доля бытовых отходов пригодна для биохимического разложения и плотность населения позволяет подобные меры, муниципалитетам следует проводить просветительские программы по рентабельному и компактному компостированию. Для этого метода характерен перевод органических отходов в корм для животных или для иного продуктивного использования, ограничиваемого лишь опасениями распространения болезней. Просветительские программы должны также охватывать вопросы борьбы с паразитами и распространителями возбудителей инфекционных заболеваний. Некоторые органические отходы могут содержать стойкие органические загрязнители или материалы, которые в условиях компостирования могут превратиться в стойкие органические загрязнители, поэтому их следует обрабатывать отдельно, чтобы гарантировать получение высококачественного компоста с низким содержанием указанных загрязнителей (EPA 2005). В некоторых случаях процесс компостирования можно усилить путем замены некоторых биodeградируемых материалов другими, альтернативными материалами.

#### **3.1.2.6. *Повторное использование***

В случаях, когда отдельные детали или целые устройства могут быть восстановлены, отмыты, отремонтированы или иначе использованы в качестве готовых изделий, необходимость в их удалении может быть уменьшена. Во многих случаях затраты труда на такую переделку и создание стоимости могут оказаться более рентабельными и экономически выгодными, чем покупка новых изделий.

#### **3.1.2.7. *Рециркуляция***

Многие потоки отходов содержат ценные, рекуперлируемые материалы. К таким рекуперированным материалам относятся металлы, стекло, чистая сухая бумага, гофрированный картон, ткани, пластмассы и дерево. В зависимости от ситуации, централизованный сбор отходов и инфраструктура рециркуляции могут оказаться вполне рентабельными. В других случаях простое обеспечение безопасного участка сортировки на территории свалки и поощрение развития рынка рециркулируемых материалов позволит облегчить утилизацию отходов с помощью мусорщиков. Это создает рабочие места, способствует экономии ресурсов и борьбе с бедностью.

#### **3.1.2.8. Мусоросжигание**

В некоторых ситуациях мусоросжигание с использованием наилучших имеющихся методов и, особенно, с утилизацией энергии может сосуществовать одновременно с открытым сжиганием. В таких ситуациях мусоросжигание предпочтительнее открытого сжигания, но может быть не единственной альтернативой. Власти должны хорошо понимать особенности местных барьеров на пути отказа от открытого сжигания в пользу менее экологически обременительных процессов удаления отходов, включая уменьшение источника, повторное использование, рециркуляцию и мусоросжигание с использованием наилучших имеющихся методов. Одним из таких барьеров может оказаться организация сбора отходов и его стоимость, однако мусоросжигание с использованием наилучших имеющихся методов в сочетании с утилизацией энергии позволит снизить стоимость и обеспечить значительные энергетические выгоды.

#### **3.1.2.9. Современные закрытые свалки**

С учетом различия между современными технически оснащенными закрытыми свалками и неорганизованными открытыми свалками, строительство современных закрытых свалок с отбором газа и сбором фильтрата и с соответствующей возможностью рециркуляции и повторного использования материалов предпочтительнее открытого сжигания отходов. Как отмечалось выше, в случае ориентации на отказ от открытого сжигания власти должны будут разработать просветительские программы и предоставить рентабельные альтернативные методы удаления отходов.

Современные закрытые свалки отличаются от открытых свалок по многим направлениям. Будучи технически оснащенными сооружениями, они обычно безопаснее, гигиеничнее и менее подвержены возгораниям вследствие антропогенных факторов. Кроме того, для них требуются активное управление и охраняемые меры, позволяющие предотвратить несанкционированный доступ (например, мусорщиков); они могут быть относительно более дорогими по сравнению с открытым сжиганием или менее технически оснащенными открытыми свалками.

Политика запрещения включения опасных промышленных и инфекционных отходов в поток обычных отходов позволит повысить безопасность муниципальной системы удаления отходов. Правительство может способствовать применению перечисленных выше альтернативных методов путем введения юридических ограничений на открытое сжигание; выдачи мандатов на компостирование, рециркуляцию или утилизацию отходов; введения налогов на избыточное количество отходов, направляемых в систему удаления; или учреждения менее дорогостоящих и более удобных систем управления ресурсами.

#### **3.1.4. Альтернативные методы, барьеры на пути их использования и политические инструменты для удаления барьеров**

Методы снижения количества отходов и методы, альтернативные открытому сжиганию, в основном совпадают.

#### **3.1.5. Методы сжигания, особенности и средства совершенствования**

В случаях, когда ни один из упоминавшихся ранее альтернативных методов не осуществим или когда альтернативные методы не могут быть реализованы своевременно, правительства могут прибегнуть к просвещению своих граждан в отношении способов снижения вреда от открытого сжигания. Способы усовершенствования процесса сжигания описаны в общей части руководства.

### **3.2. Строительный мусор, мусор при сносе строений и разрушениях, вызванных катастрофами**

### 3.2.1. Состав материала

#### 3.1.2.10. *Строительные отходы*

Строительные отходы состоят из обычных строительных материалов и иногда из упаковочных материалов, в которых строительные материалы поступают на стройку (например, поддоны и мешки). Материалы для строительства зданий изменяются в зависимости от размеров, типа и географического положения зданий. Типы зданий, будь то торговых, административных, жилых, существенно отличаются для развитых и развивающихся стран и различных регионов. В число обычных горючих строительных материалов входят дерево, бумага и другие изделия из целлюлозы, асфальт, краски и различные пластмассы. Известно также загрязнение горючих материалов металлами.

#### 3.1.2.11. *Мусор при сносе строений*

Мусор при сносе строений, особенно после катастрофических разрушений, содержит различное имущество жильцов из этих строений. Такой мусор также изменяется в зависимости от типа строения, географического положения и уровня развития экономики. Частично сожженные при пожаре остатки производственных помещений также можно рассматривать как мусор, оставшийся после катастрофического разрушения, или как опасные отходы.

В случае жилых зданий, такой мусор аналогичен бытовым отходам и его объем больше в развивающихся странах. В развитых странах в таком мусоре возрастает доля тканей (одежды), пеноматериалов (мебели), твердых пластмасс (бытовой техники) и волокон (ковровых изделий).

В случае коммерческих зданий мусор обычно отражает характер продукции и включает в себя мебель и волокна, аналогичные таковым в жилых зданиях, а также электронное оборудование и большие объемы бумаги (в офисах) или большое содержание продуктов, предназначенных для продажи.

### 3.2.3. Барьеры на пути отказа от сжигания отходов; политика или меры по устранению барьеров

Преднамеренное сжигание строительного мусора и мусора, оставшегося после разрушения зданий, представляет собой вопрос снижения затрат и обеспечения удобства на строительной площадке. Такое сжигание проводят, исходя из санитарно-гигиенических соображений, высокой стоимости удаления, неудобств, связанных с захоронением на площадке, или отсутствия альтернативных методов. Хотя такое преднамеренное сжигание – плохая практика, которую следует избегать при любых обстоятельствах, за исключением наихудших случаев угрозы здоровью населения, известно, что сжигание мусора, оставшегося после катастрофы, проводится из-за отсутствия альтернативных методов, из-за желания избежать чрезмерного использования территории закрытой свалки или из-за удобства очистки территории, подвергшейся землетрясению (Nakao et al. 1997). Предпочтение такого способа сжигания мусора упирается так или иначе в стоимость, выраженную или в виде прямых затрат, или в виде затрат на развитие и использование других средств удаления.

### 3.2.4. Стратегии и политические инструменты, используемые с целью избежания, сокращения или иного использования отходов

Чистый, незагрязненный строительный мусор может быть собран и отсортирован, при этом пригодные для использования материалы можно направить на другое строительство, на измельчение с получением мульчи и на рециркуляцию. Снос, если он проводится как разборка, может дать много разной арматуры, пригодной для продажи и повторного использования. Полученные при сносе материалы, которые непригодны для повторного использования или рециркуляции, можно отделить и удалить как строительный мусор.

Хотя по теории методы, используемые для обработки строительного мусора и мусора, полученного при сносе сооружений, можно применить также для мусора, образующегося в результате катастроф, масштабы удаления могут быть совершенно другими. После катастрофы может не оказаться иного выбора кроме отправки материалов на закрытую свалку, на которой затем выполняются обычные операции по разборке и утилизации. Удаление на закрытую свалку без отделения утиля или мусоросжигания, но с использованием наилучших имеющихся методов,

может оказаться самым лучшим вариантом в аварийной обстановке, зависящей от конкретных обстоятельств.

Правительства могут запретить (а некоторые запрещают) открытое сжигание строительного мусора и мусора, получаемого при сносе. Там где инфраструктура регулирования отходов развита слабо, для удаления такого мусора могут оказаться полезными многие средства, используемые при утилизации бытовых отходов.

#### **3.2.4. Альтернативные методы, барьеры на пути их использования и политические инструменты для удаления барьеров**

Как описано выше, альтернативными методами удаления строительного мусора и мусора, образующегося при сносе, являются сбор, разделение, разборка, повторная продажа, повторное использование и рециркуляция. Эти процессы могут быть экономически жизнеспособными или могут быть сделаны экономически жизнеспособными путем изменения законодательства или правил, регламентирующих удаление указанного мусора. Законодательные инструменты включают в себя запреты на открытое сжигание, упразднение налогов или иных финансовых препятствий для удаления строительного мусора и мусора, образующегося при сносе, на закрытых свалках. К экономическим инструментам можно отнести также поощрение рециркуляции. Во многих случаях повторная продажа арматуры, собранной при сносе зданий, уже приносит экономическую выгоду. Сказанное особенно справедливо для развивающихся стран.

Кроме того, в контрактах на строительство можно записывать удаление строительного мусора как обязанность строительного подрядчика. В контракте можно также указать приемлемые средства удаления мусора.

#### **3.2.5. Методы сжигания, особенности и средства совершенствования**

Для рассмотренных материалов справедливы те же самые общие рекомендации, что и описанные в других разделах настоящего документа. Открытое сжигание должно использоваться только как последнее средство, при этом из потока мусора следует отбирать плохо сжигаемые или вообще негорючие материалы.

## **4. Открытое сжигание специфических материалов и разное**

### **4.1 Сельскохозяйственные пластиковые материалы**

#### **4.1.1 Состав материала**

По экономическим соображениям сельскохозяйственная пленка изготавливается обычно из полиэтилена, однако в продаже имеется также сополимер этилена и винилацетата (EVA). Прежде использовался ПВХ, но в настоящее время он используется реже. Помимо прочего, сельскохозяйственную пленку применяют для укрытия полей ранней весной с целью сохранения тепла в грунте; в качестве оберточного материала; для изготовления мешков для силоса, удобрений или сельскохозяйственных химических реагентов; и наконец в качестве парниковой пленки. Некоторые поставщики предлагают специальную биodeградируемую пленку, но это не является повсеместным требованием.

Встречаются также жесткие пластмассовые контейнеры для пестицидов или других сельскохозяйственных химических реагентов. Мешки обычно изготавливают из полиэтилена низкой плотности; бутылки, барабаны и баки – из полиэтилена высокой плотности; контейнеры изготавливают из многослойного полиэтилена либо полиэтилена с обработкой внутренней поверхности для уменьшения взаимодействия с содержащимся в контейнере продуктом. В одном отчете описываются эксперименты по сжиганию мешков, содержащих остатки пестицидов, и сообщается, что концентрации ПХДД и ПХДФ были только «на очень низком уровне», а в графах для выбросов в атмосферу и твердых остатков стоят прочерки (Oberacker et al. 1992). Следование опубликованным процедурам ополаскивания контейнеров и должной обработки использованной для ополаскивания воды позволит значительно понизить эти и без того небольшие уровни загрязнения.

#### **4.1.2. Барьеры на пути удаления отказа от сжигания; политика или меры по устранению барьеров**

Материал, находящийся далеко от обычного места сбора отходов, удаляют с использованием наименее дорогостоящего и наиболее удобного метода. Применение сжигания можно было бы снизить организацией системы сбора материала, особенно если многие фермеры в районе используют один и тот же тип материала. Кроме того, правительства могут учредить образовательные программы и ввести законы, запрещающие сжигание, поощряющие рециркуляцию и способствующие созданию экономических инструментов в поддержку таких инициатив.

#### **4.1.3 Стратегии и политические инструменты, используемые с целью избежания, сокращения или иного использования отходов**

В некоторых странах сельскохозяйственная пленка широко подвергается рециркуляции. Такой процесс облегчается, когда пленка собирается в организованном порядке. Там, где возможности для рециркуляции отсутствуют, используются другие формы ее удаления, в том числе удаление на закрытые свалки. Использование добавок (например, ультрафиолетовых ингибиторов) позволяет продлить срок службы парниковой пленки и уменьшить необходимость в ее удалении. В отсутствие конкретных программ, пленочный материал, использованный в качестве обертки тюков или мешков под компост, удаляется точно так же, как и любой упаковочный материал в данном районе. В некоторых районах пленку подвергают рециркуляции в организованном порядке, перерабатывая в древесно-пластиковые композиты или в топливо для сжигания в мусоросжигающей установке с использованием наилучших имеющихся методов. В отношении бутылок Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) рекомендует применять трехкратное ополаскивание, затем прокалывание и захоронение (Rosendaal, 1997, Гл. 10).

#### **4.1.4 Альтернативные методы, барьеры на пути их использования и политические инструменты для удаления барьеров**

Методы уменьшения количества отходов и имеющиеся альтернативы открытому сжиганию в основном одинаковы.

#### **4.1.5 Методы сжигания, особенности и средства совершенствования**

Сельскохозяйственная пленка, будучи горючей вследствие способа ее изготовления, при сжигании обычно плавится и сокращается в объеме. Хорошее сжигание пленки может зависеть от ее измельчения, приводящего к увеличению отношения поверхности к объему, либо от относительно медленной подачи ее в сжигающую установку. Возможно осуществление высокотемпературного, хорошо вентилируемого сжигания, но этот процесс может быть сложно реализовать как крупномасштабный, если пленка является единственным сжигаемым материалом.

Бутылки могут сгорать плохо из-за их малого отношения поверхности к массе, даже если они сухие и изготовлены из горючего материала. Может потребоваться дополнительное поддерживающее горение топливо, которое должно быть материалом, согласующимся с общими указаниями.

## **4.2 Автомобильные шины**

### **4.2.1 Состав материала**

Автомобильные шины представляют собой композит, состоящий из сополимера стирола и бутадиена или природного каучука, хлоропрена, полиамида, стальной проволоки, углеродной сажи и многочисленных других органических и неорганических добавок. Шины содержат в малой концентрации хлор, а также в значительной концентрации серу, аналогичную сере среднесернистого угля, попадающую в них в результате вулканизации. При сжигании сера ингибирует образование стойких органических загрязнителей; возможно, что вероятность образования хлорированных стойких органических загрязнителей в шинных отходах ниже, чем для смешанных отходов. Однако плохое горение больших объемов шин в случаях открытого сжигания является источником образования ПХДД и ПХДФ и, несомненно, становится мощным генератором других опасных загрязнителей, включая  $SO_2$  и полициклические ароматические углеводороды.

#### **4.2.2 Барьеры на пути отказа от сжигания; политика или меры по устранению барьеров**

Возгорание автомобильных шин может быть естественным (удар молнии) и антропогенным. Открытые свалки шин представляют собой ряд опасностей, в том числе служат культурной средой для размножения насекомых, являющихся переносчиками инфекционных заболеваний. Кроме того, они занимают большие пространства. Антропогенное сжигание шин может быть предпринято и предпринимается с целью избежания обеих указанных проблем.

#### **4.2.3 Стратегии и политические инструменты, используемые с целью избежания, сокращения или иного использования отходов**

Во многих случаях изношенные шины можно повторно использовать, восстановив на них протектор. За последние тридцать лет современные технологии позволили увеличить срок службы средней по качеству шины в десять раз. Использование шин с самым большим сроком службы сводит к минимуму необходимость в их удалении. Как вариант, шины можно подвергнуть рециркуляции различного назначения или целиком, или в размолотом виде. Целыми или (что предпочтительнее) в размолотом виде шины можно удалять на закрытую свалку. Но на открытых свалках целые шины или аналогичные изделия вроде бутылок могут всплывать на поверхность свалки. Накопление шин в открытых свалках над поверхностью земли уродует пейзаж и представляет собой опасность размножения насекомых и неконтролируемого горения.

#### **4.2.4 Альтернативные методы, барьеры на пути их использования и политические инструменты для удаления барьеров**

Шинные отходы можно повторно использовать целыми, в размолотом виде или криогенно измельченными в порошок. Переработанные шины можно применять в модифицированном каучуком асфальте, используемом для дорожных покрытий. Кроме того, размолотые и превращенные в порошок шины прессуют и используют в строительных материалах. Размолотые шины применяются в качестве упругого покрытия игровых площадок. В дополнение к вышесказанному, шины можно использовать в качестве ограждений, для создания рифов и борьбы с эрозией почвы, в качестве ступенек, контейнеров для отходов и пр., при этом следует помнить, что как композитный терморезистивный материал рекуперированная резина имеет некоторые ограничения по процессам обработки. При использовании целых шин на поверхности земли необходимо принимать во внимание их тенденцию вбирать в себя воду и давать убежище полчищам насекомых.

Если целые и размолотые шины планируется сжигать в цементных обжиговых печах, это необходимо делать, создав хорошие условия для горения и проводить операцию по сжиганию в соответствии с наилучшими имеющимися методами, описанными в Разделе V.В настоящих руководящих принципов. Обжиговая печь должна удовлетворять соответствующему НИМ эксплуатационному уровню по выбросам ПХДД/ПХДФ (менее 0,1 нг I-TEQ/нм<sup>3</sup>). В то же время, имеются сообщения о выбросах перечисленных в Приложении С химических веществ с цементной обжиговой пылью и, возможно, цементным клинкером, и в настоящее время в этом направлении проводятся дополнительные исследования.

#### **4.2.5 Методы сжигания, особенности и средства совершенствования**

Открытое сжигание автомобильных шин приводит к образованию и выбросу химических веществ, перечисленных в Приложении С. Когда шины хранятся в массе или на открытой свалке, практически нет никакого способа улучшения процесса их открытого сжигания. Более того, тушение крупномасштабных горящих объемов почти невозможно, и горение шин может продолжаться годами.

### **4.3 Разливы нефти и газовые факелы**

#### **4.3.1 Состав материала**

Сырая нефть, природный газ и попутный газ состоят в основном из углерода и водорода с небольшим содержанием кислорода, серы и хлора. Кроме того, как в своем природном состоянии, так и в состоянии, приобретаемом после извлечения, они могут содержать соль или соленую воду. Особенную озабоченность вызывает пролитая на землю нефть, содержащая хлористую соль или другие хлорированные вещества, а также нефть, пролитая в море. Другим источником загрязнения

является проникновение соленой воды в водяные скважины, пробуренные вблизи водоема с соленой водой. Известны случаи сжигания нефти, разлитой при разрыве нефтепровода, с целью предотвращения возможного загрязнения скованной льдом реки (Kruglov, Amirova and Loshkina, 1996).

Открытое сжигание нефти с шельфовых буровых при определенных условиях может явиться значимым источником загрязнения. При случайных разливах нефти иногда могут быть полезны биологические методы дезактивации.

#### 4.3.2 Барьеры на пути отказа от сжигания; политика или меры по устранению барьеров

Барьеры на пути отказа от сжигания включают в себя соображения, связанные со стоимостью, удобством и безопасностью, а также отсутствие альтернативных методов восстановления или удаления.

#### 4.3.3 Стратегии и политические инструменты, используемые с целью избежания, сокращения или иного использования отходов

Повсеместным является сжигание в газовых факелах. В той мере, в какой это относится к отходам, а не к последствиям аварии, обычную работу факельных установок можно улучшить путем внедрения более совершенных методов обращения с выбрасываемым на факел газом или путем утилизации его с целью продажи.

### Ссылки на литературу

ASEAN Secretariat. 2003. *Guidelines for the Implementation of the ASEAN Policy on Zero Burning*. [www.dec.org/pdf\\_docs/PNACU609.pdf](http://www.dec.org/pdf_docs/PNACU609.pdf).

Basel Convention Secretariat. 1994. *Technical Guidelines on Wastes Collected from Households*. Basel Convention on the Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes and Their Disposal, UNEP, Geneva.

Canadian Centre for Pollution Prevention. 2006. *Great Lakes Trash and Open Burning Website*. [www.c2p2online.com/main.php3?section=137&doc\\_id=289](http://www.c2p2online.com/main.php3?section=137&doc_id=289).

EPA (United States Environmental Protection Agency). 2005. *The Inventory of Sources and Environmental Releases of Dioxin-Like Compounds in the United States: The Year 2000 Update*. EPA/600/P-03/002A, Chapter 9. National Center for Environmental Assessment, Washington, D.C.

EPA (United States Environmental Protection Agency). 2006. *Backyard Burning*. [www.epa.gov/msw/backyard/](http://www.epa.gov/msw/backyard/).

Government of New Zealand. 2006. *National Environmental Standards for Air Quality*. [www.mfe.govt.nz/laws/standards/air-quality-standards.html](http://www.mfe.govt.nz/laws/standards/air-quality-standards.html).

Great Lakes Binational Toxics Strategy. 2004. *Strategy/Implementation Plan for Reducing the Prevalence of Household Garbage Burning (Barrel Burning) in Rural Areas of the Great Lakes*. Great Lakes Binational Toxics Strategy, Dioxins/Furans Workgroup, Burn Barrel Subgroup.

Gullett B.K. 2003. *PCDD/F from Uncontrolled Combustion*. First Session, Expert Group on Best Available Techniques and Best Environmental Practices.

Gullett B.K. and Touati A. 2002. "PCDD/F Emissions from Agricultural Field Burning." *Organohalogen Compd.* 56:135–138.

Gullett B.K. and Touati A. 2003. "PCDD/F Emissions from Forest Fire Simulations." *Atmospheric Environment* 37:803–813.

Hickman H.L. and Eldredge R.W. 2004. *A Brief History of Solid Waste Management in the US During the Last 50 Years*. [www.forester.net/msw\\_0001\\_history.html](http://www.forester.net/msw_0001_history.html).

Kruglov E.A., Amirova Z.K. and Loshkina E.A. 1996. "PCDDs and PCDFs in Snow Coat of an Industrial City as a Result of Oil Incineration at Accident Place." *Organohalogen Compd.* 28:228–231.



- Lemieux P.M., Gullett B.K., Lutes C.C., Winterrowd C.K. and Winters D. 2003. "Variables Affecting Emissions of PCDD/F from Uncontrolled Combustion of Household Waste in Barrels." *J. Air & Waste Manage. Assoc.* 53:523–531.
- Lemieux P.M., Lutes C.C. and Santoianni D. 2004. "Emissions of Organic Air Toxics from Open Burning: A Comprehensive Review." *Progress in Energy and Combustion Sci.* 30:1–32.
- Lobert J., Keene W., Logan J. and Yevich R. 1999. "Global Chlorine Emissions from Biomass Burning: Reactive Chlorine Emissions Inventory." *J. Geophys. Res.* 104:8373–8389.
- Nakao T., Aozasa O., Ohta S. and Miyata H. 1997. "Formation of Dioxin Analogues by Open Air Incineration of Waste Wood and Fire of Buildings and Houses Concerning to Hanshin Great Earthquake in Japan." *Organohalogen Compd.* 31:304–309.
- Nussbaumer T. and Hasler P. 1998. *Emissions of PCDD/F from Biomass Combustion*. Biomass for Energy and Industry, 10th European Conference and Technology Exhibition.
- Oberacker D.A., Lin P.C., Shaul G.M., Ferguson D.T., Engleman V.S., Jackson T.W., Chapman J.S., Evans J.D. and Martrano R.J. 1992. "Characterization of Emissions from Open Burning of Pesticide Bags." In: *ACS Symposium Series 510: Pesticide Waste Management*.
- Rosendaal J.A. 1997. *Vector Control Methods for Use by Individuals and Communities*. World Health Organization, Geneva.
- 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).

## **Раздел VI**

### **Указания и руководящие принципы по категориям источников:**

#### **Категории источников в Части III Приложения C**

#### **Категория источников (b): Термические процессы в металлургической промышленности, не упомянутые в Приложении C, Часть II**

## Содержание

VI. В. Термические процессы в металлургической промышленности, не упомянутые в Приложении С, Часть II.....	7
(i) Производство вторичного свинца .....	7
1. Описание процесса.....	7
2. Источники химических веществ, перечисленных в Приложении С Стокгольмской конвенции .....	8
2.1 Общая информация о выбросах из плавильных печей для производства вторичного свинца .....	9
2.2 Выбросы в атмосферу ПХДД/ПХДФ .....	9
2.3 Выбросы в другие среды .....	9
3. Рекомендуемые процессы .....	9
4. Основные и дополнительные меры .....	10
4.1 Основные меры.....	10
4.1.1. Предварительная обработка и сортировка исходного материала .....	10
4.1.2. Эффективный контроль за процессом .....	10
4.2 Дополнительные меры.....	11
4.2.1. Отвод паров и газов .....	11
4.2.2. Высокоэффективное удаление пыли .....	11
4.2.3. Дожигатели и охлаждение.....	11
4.2.4. Адсорбция на активированном угле.....	12
5. Новые исследования .....	12
6. Обзор основных и дополнительных мер.....	12
7. Достижимый эксплуатационный уровень, ассоциируемый с НИМ .....	16
(ii) Производство первичного алюминия.....	17
1. Описание процесса.....	17
1.1. Процесс Байера: получение алюминия из бокситов .....	17
1.2. Процесс Холла-Эру: Электролитическое восстановление из глинозема .....	17
1.3 Производство алюминия .....	18
2. Источники химических веществ, перечисленных в Приложении С Стокгольмской конвенции .....	20
2.1 Выбросы ПХДД/ПХДФ .....	20
2.2 Выбросы в грунт.....	20
2.3 Интересные результаты исследований .....	20
2.4 Общая информация по выбросам с заводов по производству первичного алюминия .....	21
3. Альтернативные процессы в плавильном производстве первичного алюминия (новые технологии) .....	22
4. Основные и дополнительные меры .....	23
4.1 Основные меры.....	23
4.2 Дополнительные меры.....	24
5. Обзор рекомендуемых мер.....	25
6. Достижимый эксплуатационный уровень, ассоциируемый с НИМ .....	28
(iii) Производство магния .....	29

1.	Описание технологического процесса .....	29
1.1.	Процесс производства магния из магнезиальных минералов .....	29
1.2.	Процесс Пиджона (Pidgeon) (процесс термического восстановления).....	30
1.3.	Различные процессы и подходы .....	31
2.	Источники химических веществ, перечисленные в Приложении С Стокгольмской конвенции .....	32
2.1.	Выбросы в атмосферу .....	32
2.1.1.	Общие сведения о выбросах в атмосферу от производства магния.....	32
2.1.2.	Выбросы в атмосферу ПХДД/ПХДФ .....	33
2.2.	Сбросы в другие среды .....	34
2.2.1.	Сброс отходов в водную среду .....	34
2.2.2.	Сброс отходов в грунт .....	35
3.	Альтернативные процессы производства магния .....	35
3.1.	Процесс обезвоживания, разработанный компанией Norsk Hydro .....	36
3.2.	Получение магния из отходов обогащения асбестового минерального сырья по методу компании Noranda .....	36
3.3.	Термическая обработка и извлечение магния из лома .....	37
4.	Основные и дополнительные меры .....	37
4.1.	Основные меры.....	37
4.2.	Дополнительные меры .....	37
5.	Новые исследования .....	38
6.	Обзор рекомендуемых мер.....	39
7.	Эксплуатационные уровни ГХБ, связанные с наилучшими имеющимися методами, для процесса производства магния .....	40
	Ссылки на литературу.....	40
(iv)	Производство вторичной стали .....	41
1.	Описание технологического процесса .....	41
1.1.	Общее описание технологического процесса .....	41
1.2.	Исходное сырье .....	42
1.3.	Электродуговая печь .....	43
2.	Источники химических веществ, перечисленных в Приложении С Стокгольмской конвенции .....	44
2.1.	Выбросы в атмосферу .....	44
2.1.1.	Образование ПХДД/ПХДФ .....	44
2.2.	Исследование ПХДД/ПХДФ на действующих электродуговых печах .....	47
2.2.1.	Обзор химических процессов горения электрической дуги и образования ПХДД/ПХДФ.....	48
2.3.	Сброс ПХДД/ПХДФ с твердыми отходами и в сточные воды.....	49
3.	Усовершенствования существующего процесса и альтернативные процессы выплавки стали в электродуговых печах .....	50
3.1.	Усовершенствования технологического процесса .....	50
3.2.	Альтернативные процессы .....	51
4.	Основные и дополнительные меры .....	51
4.1.	Основные меры по снижению выбросов .....	51
4.1.1.	Качество сырьевого материала .....	51
4.1.2.	Эксплуатация электродуговых печей.....	52

4.1.3.	Проектирование системы кондиционирования отходящих газов .....	52
4.1.4.	Непрерывный мониторинг параметров системы .....	52
4.2.	Дополнительные меры по ограничению выбросов.....	52
4.2.1.	Обеспыливание отходящих газов .....	52
4.2.2.	Пылеуловители с тканевыми (рукавными) фильтрами .....	52
4.2.3.	Система наружного дожигания в сочетании с резким водяным охлаждением .....	53
4.2.4.	Вдувание адсорбента .....	53
4.3.	Основные и дополнительные меры по контролю сброса твердых отходов и сточных вод.....	53
5.	Обзор рекомендуемых мер.....	54
6.	Достижимый уровень эксплуатационной эффективности, ассоциируемый с НИМ .....	59
(v)	Выплавка первичных благородных металлов .....	61
1.	Описание технологического процесса .....	61
2.	Источники химических веществ, перечисленных в Приложении С Стокгольмской конвенции .....	63
2.1	Выбросы в атмосферу .....	64
2.1.1	Общие сведения о выбросах из печей для выплавки благородных металлов.....	64
2.1.2	Выбросы в атмосферу ПХДД/ПХДФ .....	64
2.2	Сбросы в другие среды .....	65
3.	Альтернативные процессы выплавки благородных металлов.....	65
4.	Основные и дополнительные меры .....	65
4.1	Основные меры.....	66
4.1.1	Применение гидрометаллургических процессов .....	66
4.1.2	Контроль качества исходных материалов (металлолома).....	66
4.1.3	Эффективное управление технологическим процессом .....	67
4.1.4	Применение технологии плавки во взвешенном состоянии .....	67
4.1.5	Максимизация содержания SO <sub>2</sub> с целью связывания серы.....	67
4.2	Дополнительные меры.....	67
4.2.1	Высокоэффективная газоочистка и преобразование SO <sub>2</sub> в серную кислоту .....	67
4.2.2	Улавливание дыма и газов .....	68
4.2.3	Высокоэффективное пылеудаление .....	68
5.	Новые исследования .....	69
6.	Обзор рекомендуемых мер.....	69
7.	Достижимые эксплуатационные уровни, ассоциируемые с НИМ.....	74

## Таблицы

Таблица 1. Меры для новых плавильных печей по производству вторичного свинца.....	12
Таблица 2. Сводка основных и дополнительных мер для плавильных печей по производству вторичного свинца .....	13
Таблица 3. Образование газообразных и жидких веществ, побочных продуктов и твердых отходов при производстве первичного алюминия.....	22
Таблица 4. Меры для новых заводов по производству первичного алюминия .....	25
Таблица 5. Основные и дополнительные меры, рекомендуемые для заводов по производству первичного алюминия .....	26
Таблица 6. Выбросы в атмосферу ПХДД/ПХДФ от разных процессов производства магния .....	33
Таблица 7. Распределение выбросов ПХДД/ПХДФ по источникам: компания Hydro Magnesium Canada .....	35
Таблица 8. Сбросы ПХДД/ПХДФ в водные объекты от различных процессов производства магния.....	35
Таблица 9. Факторы эмиссии в магниевой промышленности: ПХДД/ПХДФ.....	35
Таблица 10. Факторы эмиссии в магниевой промышленности: гексахлорбензол (ГХБ).....	35
Таблица 11. Обзор основных мер, рекомендуемых для реализации на магниевых заводах	40
Таблица 12. Выбросы в атмосферу ПХДД/ПХДФ от разных процессов производства магния.....	40
Таблица 13. Меры, рекомендуемые для реализации на новых электродуговых печах .....	55
Таблица 14. Меры, рекомендуемые для реализации на новых и существующих электродуговых печах.....	55
Таблица 15. Меры, рекомендуемые для новых предприятий первичной выплавки неблагородных металлов.....	68
Таблица 16. Основные и дополнительные меры, рекомендуемые для предприятий первичной выплавки благородных металлов.....	69

## Рисунки

Рисунок 1 Плавление вторичного свинца.....	8
Рисунок 2. Упрощенная схема получения глинозема .....	18
Рисунок 3. Общая схема электролитического процесса производства алюминия .....	19
Рисунок 4. Схема технологического процесса производства магния из магнийоксидных минералов.....	30
Рисунок 5. Технологическая схема процесса: магниевый завод Timminco .....	31
Рисунок 6. Упрощенная схема технологического процесса: Магниевый завод компании Cogburn.....	38
Рисунок 7. Типичная система очистки газовых выбросов электродуговой печи .....	44
Рисунок 8. Типичная технологическая схема выплавки и рафинирования первичных неблагородных металлов.....	63

РАЗДЕЛ VI.B. Термические процессы в металлургической промышленности, не упомянутые  
в Приложении С

## VI. B. Термические процессы в металлургической промышленности, не упомянутые в Приложении С, Часть II

### (i) Производство вторичного свинца

#### Резюме

Производство вторичного свинца включает в себя производство свинца и свинцовых сплавов, главным образом, из отработанных автомобильных аккумуляторов, а также из других источников сырья (трубы, припой, окалина, свинцовая оплетка). Процесс производства свинца включает в себя предварительную обработку свинцового лома, плавление и рафинирование. Присутствие в исходном материале масел и пластмасс, температура 250-500°C являются факторами, способными привести к образованию химических веществ, указанных в Приложении С Стокгольмской конвенции.

Наилучшие имеющиеся методы предусматривают использование исходного материала, несодержащего масел и пластмасс, высокую температуру в печи (выше 850°C), эффективное улавливание газа, применение дожигателей и быстрого охлаждения, адсорбции на активированном угле и пылеулавливающих тканевых фильтров.

Наилучшим имеющимся методом по выбросам ПХДД и ПХДФ для плавильного производства вторичного свинца соответствует эксплуатационный уровень  $< 0,1 \text{нг I-TEQ/нм}^3$  (при рабочих концентрациях кислорода)

### 1. Описание процесса

Приведенная ниже информация взята из EPA 1986. На рис. 1 приведена диаграмма, иллюстрирующая процесс.

“В плавильных печах производства вторичного свинца получают свинец и свинцовые сплавы из свинцового лома. Более 60% всего вторичного свинца получают из отработанных автомобильных аккумуляторов. Кроме того, для производства вторичного свинца используют грузы для балансировки колес, трубы, припой, дроссы и свинцовую оплетку.

Выплавка вторичного свинца включает в себя три основных операции: предварительную обработку лома, плавление и рафинирование. Предварительная обработка заключается в частичном удалении из свинцового лома металлических и неметаллических загрязнителей и остатков. Предварительная обработка включает в себя следующие операции: разборку аккумуляторов, измельчение и вытопка свинца. При разборке аккумуляторов выполняется слив жидкости, затем вскрытие и отделение вручную свинца от неметаллических деталей. Затем производится вытопка свинца из отделенного лома в работающих на газе или нефтяном топливе отражательных или вращающихся печах, в которых свинец отделяется от сопутствующих металлов с более высокой температурой плавления. Вращающиеся печи обычно используются для обработки лома с низким содержанием свинца, а отражательные печи – для обработки лома с высоким содержанием свинца. Полученный частично очищенный свинец периодически выпускают из этих печей для дальнейшей обработки в плавильных или тигельных печах.

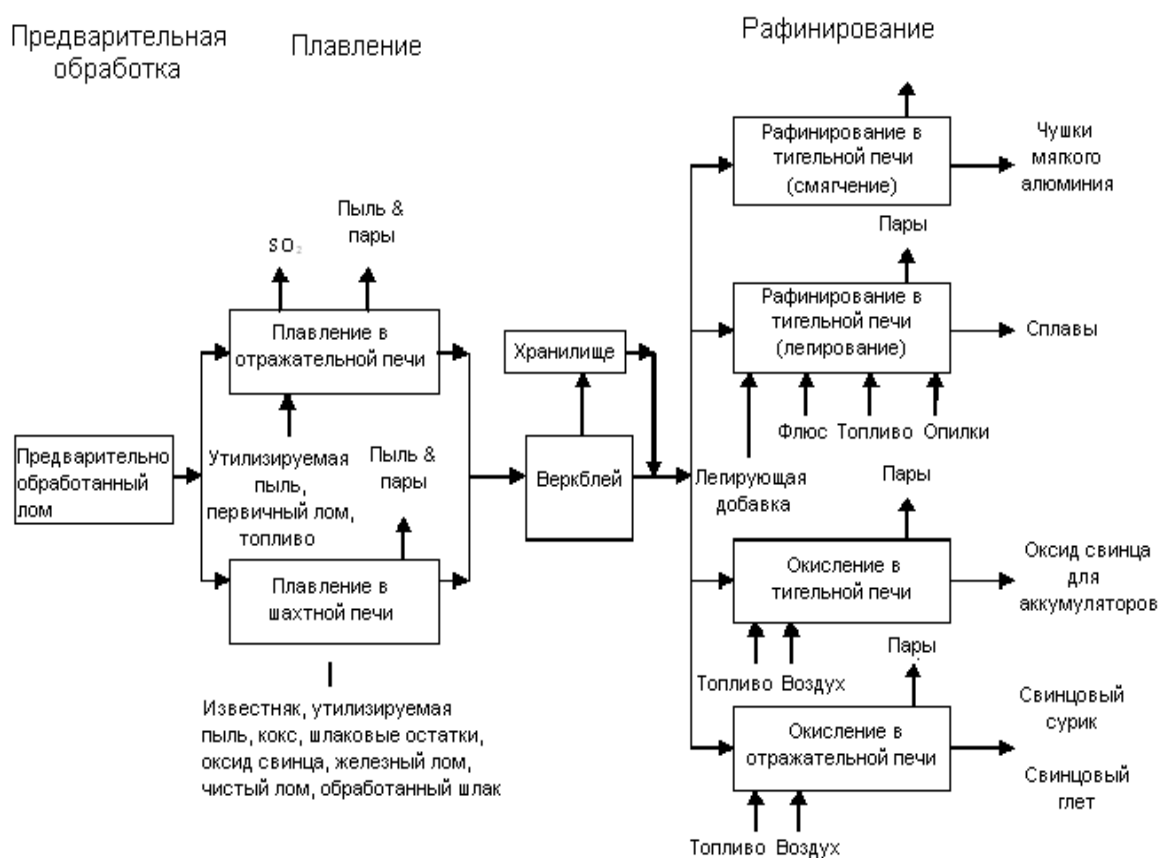
При плавлении происходит отделение свинца от металлических и неметаллических загрязнителей, а также восстановление оксидов до элементарного свинца. Плавление производится в шахтных, отражательных и вращающихся печах. В составе исходного материала в шахтные печи загружается предварительно обработанный свинцовый лом, оборотный шлак, железный лом, кокс, утилизируемые дроссы, колошниковая пыль и известняк. Тепло, необходимое для плавления свинца, получается в результате реакции загруженного кокса с воздухом, вдуваемым в печь. Часть



кокса сгорает, благодаря чему плавится загруженный исходный материал, а оставшая часть расходуется на восстановление оксидов до элементарного свинца. При плавлении свинца известняк и железо всплывают на поверхность расплавленной ванны и образуют флюс, замедляющий окисление выплавляемого свинца. Расплавленный свинец почти непрерывно вытекает из печи в тигель.

Рафинирование и разливка расплавленного свинца из плавильных печей могут включать в себя смягчение, легирование и окисление, в зависимости от чистоты или желаемого состава сплава. Эти операции могут выполняться в отражательных печах, однако чаще всего для этого используются тигельные (kettle-type) печи. В печах для легирования происходит простое расплавление и смешивание слитков свинца и легирующих материалов. К наиболее широко используемым легирующим материалам относятся сурьма, олово, мышьяк, медь и никель. Окислительные печи, либо тигельные, либо отражательные, используются для окисления свинца и вовлечения оксидов свинца в поток воздуха, используемого для интенсификации горения, с целью последующего улавливания в высокоэффективных пылеуловителях.”

**Рис. 1. Плавление вторичного свинца**



Источник: EPA, 1986.

## 2. Источники химических веществ, перечисленных в Приложении С Стокгольмской конвенции

Образование химических веществ, перечисленных в Приложении С Стокгольмской конвенции, может быть результатом наличия несгоревшего топлива и органических соединений,

реагирующих с хлорсодержащими соединениями в зонах, где температура колеблется в интервале 250°–450°С.

## **2.1 Общая информация о выбросах из плавильных печей для производства вторичного свинца**

Выбросы в атмосферу из плавильных печей для производства вторичного свинца могут происходить из дымовых труб или в виде утечек, в зависимости от возраста печи или применяемой технологии. К основным загрязнителям относятся диоксид серы (SO<sub>2</sub>), другие соединения серы и пары кислот, оксиды азота (NO<sub>x</sub>), металлы (особенно свинец) и их соединения, пыль и ПХДД/ПХДФ. SO<sub>2</sub> улавливают и перерабатывают в серную кислоту на сернокислотных заводах. Выбросы SO<sub>2</sub> можно подавлять путем глубокого извлечения и герметизации печей. Выбросы NO<sub>x</sub> можно уменьшить использованием горелок с низким уровнем эмиссии NO<sub>x</sub> или кислородо-топливных горелок. Твердые частицы улавливают с помощью высокоэффективных средств удаления пыли, таких как тканевые фильтры, и возвращают в процесс (European Commission 2001, p. 359–368).

## **2.2 Выбросы в атмосферу ПХДД/ПХДФ**

ПХДД/ПХДФ образуются в процессе плавления основных металлов в результате реакции продуктов неполного сгорания, несгоревших органических загрязнителей и хлорных соединений, обычно синтезом de novo в зоне охлаждения при температурах между 250° и 450° С.

Этот процесс описан в документе European Commission 2001, p. 133:

“ПХДД/ПХДФ или их исходные вещества могут присутствовать в некотором сырье. В таком случае есть вероятность протекания синтеза de-novo в печах или системах предотвращения загрязнения. ПХДД/ПХДФ легко абсорбируются и могут накапливаться в любых средах, таких как пыль, твердые частицы из газоочистителей и пыль из фильтров.

Присутствие масел и других органических материалов в ломе и других источниках углерода (в частности, продуктах сгорания топлив и восстановителях, таких как кокс), может привести к образованию мелких частиц углерода, вступающего в реакцию в неорганическими хлорсодержащими соединениями или органически связанным хлором в интервале температур 250 - 500°С с образованием ПХДД/ПХДФ. Этот процесс известен под названием синтеза de-novo. Он катализируется присутствующими металлами, такими как медь или железо.

Хотя ПХДД/ПХДФ разлагаются при высокой температуре (выше 850°С) в присутствии кислорода, синтез de-novo еще возможен при охлаждении газов в так называемом "окне преобразования". Это окно может существовать в системах предотвращения загрязнения и в относительно холодных зонах печи, например в зоне загрузки. При проектировании уделяется особое внимание системам охлаждения, чтобы свести к минимуму время нахождения в окне. Это один из методов, используемых для предотвращения синтеза de-novo.

## **2.3 Выбросы в другие среды**

Использование мокрых скрубберов может привести к образованию жидкого фильтрата и твердого остатка, которые, скорее всего, содержат химические вещества, перечисленные в Приложении С. Улавливаемые сухие частицы будут содержать химические вещества, перечисленные в Приложении С. Все это должно быть переработано или ликвидировано надлежащим образом.

## **3. Рекомендуемые процессы**

Качество исходного материала и желаемое качество продукции влияют на проект и технологическую схему процесса. В этих процессах должны быть предусмотрены эффективные

средства контроля, системы отвода газа и предотвращения загрязнений. Наилучшим имеющимся методом считается использование шахтных печей (с эффективными средствами контроля), печей ISA Smelt/Ausmelt, вращающихся печей с подачей воздуха сверху, электропечей и вращающихся печей (European Commission 2001, p. 379).

Электропечь с погруженной дугой представляет собой герметизированный агрегат для плавления смеси материалов, содержащих медь и свинец. Этот процесс чище других, если система газоотвода правильно спроектирована и подобрана по размеру (European Commission 2001, p. 395).

“Успешно используется ввод тонкодисперсных материалов в шахтную печь через фурмы, благодаря чему снижается объем работ с пылящим материалом и расход электроэнергии, требуемой для возвращения тонкодисперсных частиц на агломерационную установку” (European Commission 2001, p. 404). Этот метод позволяет свести к минимуму выбросы пыли при загрузке и, таким образом, уменьшить выбросы ПХДД/ПХДФ благодаря адсорбции на поверхности твердой фазы.

Другой доступной информации об альтернативных процессах предотвращения загрязнений, связанных с плавильным производством вторичного свинца, нет.

## **4. Основные и дополнительные меры**

Ниже обсуждаются основные и дополнительные меры уменьшения и предотвращения выбросов ПХДД/ПХДФ.

### **4.1 Основные меры**

Основные меры считаются методом предотвращения загрязнений окружающей среды, используемым для уменьшения объема или предотвращения образования и выбросов стойких органических загрязнителей. Могут быть использованы следующие меры:

#### **4.1.1. Предварительная обработка и сортировка исходного материала**

Лом следует отсортировать и предварительно обработать, удалив органические компоненты и пластмассу. Тем самым удастся уменьшить объем образования ПХДД/ПХДФ из-за неполного сгорания или синтеза de novo. Нельзя допускать попадания в исходный материал неразобранных аккумуляторов или неполного разделения деталей. Методы хранения, перемещения и предварительной обработки будут определяться размером материала, распределением частиц, наличием загрязнителей и содержанием металла.

Для удаления пластмасс можно использовать измельчение и перемалывание, совместно с пневматическим и гравитационным разделением. Для удаления масел можно использовать нагрев. После удаления масел и покрытия нагревом должно следовать дожигание для разрушения остатков органических материалов в отходящем газе (European Commission 2001, p. 232).

#### **4.1.2. Эффективный контроль за процессом**

Следует использовать системы контроля за процессом, чтобы обеспечить стабильность процесса и работать с параметрами, обеспечивающими минимальный объем образования ПХДД/ПХДФ. В качестве примера можно указать поддержание температуры в печи выше 850°C, благодаря чему разрушаются ПХДД/ПХДФ. В идеале, следует постоянно контролировать выбросы ПХДД/ПХДФ, чтобы обеспечить уменьшение выбросов. Уже известны технологии непрерывного отбора проб газа для определения содержания ПХДД/ПХДФ в некоторых секторах (например, сжигание отходов), и исследования в этой области продолжаются. При отсутствии постоянного контроля выбросов ПХДД/ПХДФ, нужно обеспечить постоянный контроль других параметров, таких как температура, время нахождения в окне преобразования, состав газа, работа средств управления отводом паров и положение заслонок, чтобы поддерживать оптимальные условия для уменьшения

выбросов ПХДД/ПХДФ. Поскольку производственные установки могут значительно различаться, список контролируемых параметров должен определяться применительно к каждой конкретной установке.

“Требуется уделять особое внимание измерению температуры и контролю печей и тиглей, используемых для плавления металлов в данной группе, так чтобы предотвращалось или сводилось к минимуму образование паров” (European Commission 2001, p. 390).

## **4.2 Дополнительные меры**

В дополнительных мерах относятся методы контроля загрязнений, позволяющие ограничивать и предотвращать выбросы.

Эти методы не предотвращают образование загрязняющих веществ.

### **4.2.1. Отвод паров и газов**

На всех этапах процесса плавления должен выполняться отвод паров и отходящих газов с целью предотвращения выбросов ПХДД/ПХДФ.

“Применяемая система отвода паров может предусматривать герметизацию печей. Она должна обеспечивать некоторое разрежение в печи, достаточное для предотвращения утечек и выбросов летучих веществ. Могут быть использованы герметизация печи или газоотводящие зонты. В качестве примера можно назвать размещение газоотводящего зонта в месте ввода исходного материала, ввод исходного материала через фурмы и использование герметичных поворотных клапанов в системах подачи исходного материала. Эффективная система отвода паров, способная улавливать пары от любого источника в любой период времени, будет потреблять меньше энергии. Наилучшие имеющиеся методы очистки газа и паров предусматривают охлаждение и регенерацию тепла, если это целесообразно, до поступления газа в тканевые фильтры. Исключение составляют случаи, когда они являются частью системы производства серной кислоты” (European Commission 2001, p. 397).

### **4.2.2. Высокоэффективное удаление пыли**

Пыль и соединения металлов, образующиеся в процессе плавления, должны удаляться. Этот материал имеет большую площадь поверхности на которой легко адсорбируются ПХДД/ПХДФ. Удаление этой пыли способствует уменьшению выбросов ПХДД/ПХДФ. Следует рассмотреть вопрос о целесообразности использования таких устройств, как тканевые фильтры, мокрые и сухие газоочистители и керамические фильтры. Уловленные частицы должны быть направлены обратно в печь.

Наиболее эффективными являются тканевые фильтры из материала с высокими техническими характеристиками. В сочетании с такими фильтрами используются новые технические решения - системы обнаружения разрыва мешков, методы очистки без прерывания процесса и каталитические покрытия, разрушающие ПХДД/ПХДФ (European Commission, 2001, p. 139–140).

### **4.2.3 Дожигатели и охлаждение**

Чтобы обеспечить полное сгорание органических соединений нужно использовать дожигатели, обеспечивающие температуру не ниже 950°C (Hübner et al. 2000). После этой стадии выполняется быстрое охлаждение горячих газов до температуры ниже 250° С. Ввод кислорода в верхнюю часть печи будет способствовать полному сгоранию (European Commission 2001, p. 189).

Было замечено, что ПХДД/ПХДФ образуются в интервале температур 250°-500°С. Они разлагаются при температуре выше 850°С в присутствии кислорода. Синтез de novo все же возможен вследствие охлаждения газов в окне преобразования в системах предотвращения загрязнений и в относительно холодных зонах печи. Нужно обеспечить правильную работу систем охлаждения, чтобы уменьшить время повторного образования (European Commission 2001, p. 133).

#### 4.2.4. Адсорбция на активированном угле

Следует рассмотреть возможность применения активированного угля для удаления ПХДД/ПХДФ из газов, отходящих из плавильной печи. Активированный уголь имеет большую поверхность, на которой могут адсорбироваться ПХДД/ПХДФ. Отходящие газы можно обработать активированным углем, используя реакторы с неподвижным или движущимся слоем или ввод в поток газа частиц угля, улавливаемых затем высокоэффективным устройством, например тканевым фильтром.

### 5. Новые исследования

Каталитическое окисление лежит в основе новой технологии, применяемой в мусоросжигательных установках для устранения выбросов ПХДД/ПХДФ. Этот процесс доказал свою эффективность по разрушению ПХДД/ПХДФ в мусоросжигательных установках, что позволяет считать его перспективным для использования в печах для выплавки неблагородных вторичных металлов.

В зависимости от подбора катализатора, на каталитическое окисление может повлиять отравление катализатора следами металлов и другими загрязнителями, содержащимися в отходящих газах. Перед использованием этого процесса необходимо провести проверочную работу.

В результате каталитического окисления органические соединения преобразуются в воду, диоксид углерода (CO<sub>2</sub>) и соляную кислоту; катализатор из драгоценного металла повышает скорость реакции в диапазоне температур от 370° до 450°С. Для сравнения отметим, что сжигание отходов обычно происходит при 980°С. Показано, что каталитическое окисление разрушает ПХДД/ПХДФ с более коротким временем пребывания реагирующих веществ в активной зоне, меньшим расходом энергии и эффективностью 99%, что позволяет рекомендовать этот метод к применению. Для достижения оптимальной эффективности процесса отходящие газы перед каталитическим окислением следует очистить от пыли. Этот метод эффективен в применении к паровой фазе загрязнителей. Получаемая соляная кислота подвергается очистке в скруббере, а вода и CO<sub>2</sub> после охлаждения выбрасываются в атмосферу (Parvesse 2001).

### 6. Обзор основных и дополнительных мер

Табл. 1. Меры для новых плавильных печей по производству вторичного свинца

Меры	Описание	Рекомендуемые процессы	Примечания
Внедрение рекомендуемых процессов	Следует рассмотреть различные процессы, рекомендуемые для плавильного производства на новых объектах.	<p>Рассмотреть процессы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Шахтные печи (с эффективными средствами контроля процесса), печи ISA Smelt/Ausmelt, вращающиеся печи с подачей воздуха сверху, электрические печи и вращающиеся печи.</li> <li>Электродуговая печь с погруженной дугой (герметизированный агрегат для совместного плавления материалов, содержащих медь и свинец, чище других процессов, если система газоотвода правильно спроектирована и подобрана по размеру.)</li> </ul>	Эти процессы нужно применять в сочетании с использованием эффективных средств контроля процесса, систем отвода и очистки дымовых газов.

Меры	Описание	Рекомендуемые процессы	Примечания
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Благодаря подаче тонкодисперсных материалов в шахтную печь через фурмы снижается объем работ с пылящим материалом.</li> </ul>	

**Табл. 2. Сводка основных и дополнительных мер для плавильных печей по производству вторичного свинца**

Меры	Описание	Рекомендуемые процессы	Примечания
<b>Основные меры</b>			
Предварительная сортировка загружаемого материала	Следует сортировать и подвергать предварительной обработке лом для удаления органики и пластмасс, чтобы снизить образование ПХДД/ПХДФ при неполном сгорании топлива или в результате синтеза de novo. Батарейки следует разбивать до помещения в печь, пластмассы и иные не содержащие свинца материалы – удалять, а не отправлять в печь.	Рассмотреть процессы: <ul style="list-style-type: none"> <li>Нельзя допускать попадания в исходный материал неразобранных аккумуляторов или не полного разделения деталей.</li> <li>Для удаления пластмасс можно использовать измельчение и перемалывание, совместно с пневматическим и гравитационным разделением.</li> <li>Удаление масел и покрытия нагревом.</li> </ul>	За термическими процессами удаления покрытий и обезжиривания должно следовать дожигание для разрушения остатков органических материалов в отходящем газе.
Эффективный контроль процесса	Системы управления технологическим процессом должны обеспечивать стабильность процесса и функционировать в диапазоне параметров, благоприятных для минимизации образования ПХДД/ПХДФ.	Минимизация выбросов ПХДД/ПХДФ может быть достигнута управлением такими параметрами, как температура, время пребывания реагирующих веществ в активной зоне, состав газовых выбросов, и автоматическим управлением заслонкой газоотводящего зонга, после стабилизации режима, оптимального по ограничению выбросов ПХДД/ПХДФ.	Непрерывный мониторинг выбросов с анализом на ПХДД/ПХДФ проводился в некоторых отраслях (например, на мусоросжигательных установках), но исследования в этой области еще продолжаются. Требуется уделять особое внимание измерению температуры и контролю печей и тиглей, используемых

РАЗДЕЛ VI.B. Термические процессы в металлургической промышленности, не упомянутые в Приложении С

Меры	Описание	Рекомендуемые процессы	Примечания
			для плавления металлов в данной группе, так чтобы предотвращалось или сводилось к минимуму образование паров.
Эффективный контроль процесса	Системы управления технологическим процессом должны обеспечивать стабильность процесса и функционировать в диапазоне параметров, благоприятных для минимизации образования ПХДД/ПХДФ.	Минимизация выбросов ПХДД/ПХДФ может быть достигнута управлением такими параметрами, как температура, время пребывания реагирующих веществ в активной зоне, состав газовых выбросов, и автоматическим управлением заслонкой газоотводящего зонта, после стабилизации режима, оптимального по ограничению выбросов ПХДД/ПХДФ.	Непрерывный мониторинг выбросов с анализом на ПХДД/ПХДФ проводился в некоторых отраслях (например, на мусоросжигательных установках), но исследования в этой области еще продолжаются. Требуется уделять особое внимание измерению температуры и контролю печей и тиглей, используемых для плавления металлов в данной группе, так чтобы предотвращалось или сводилось к минимуму образование паров.
<b>Дополнительные меры</b>			
Отвод паров и газов	На всех этапах процесса плавления должен выполняться отвод паров и отходящих газов с целью уменьшения выбросов ПХДД/ПХДФ.	Следует рассмотреть вопрос о целесообразности использования следующих мер и процессов: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Герметизация печей для поддержания в печи некоторого разрежения, достаточного для предотвращения утечек и выбросов летучих веществ.</li> <li>• Использование газоотводящих зонтов.</li> <li>• Размещение зонта в месте ввода исходного материала, ввод исходного материала через фурмы и использование герметичных</li> </ul>	Наилучшие имеющиеся методы очистки газа и паров предусматривают охлаждение и регенерацию тепла, если это целесообразно, до поступления газа в тканевые фильтры.

РАЗДЕЛ VI.B. Термические процессы в металлургической промышленности, не упомянутые в Приложении С

		поворотных клапанов в системах подачи исходного материала.	
Высокоэффективное удаление пыли	Пыль и соединения металлов должны удаляться, поскольку этот материал имеет большую площадь поверхности на которой легко адсорбируются ПХДД/ПХДФ. Удаление этой пыли способствует уменьшению выбросов ПХДД/ПХДФ.	Следует рассмотреть вопрос о целесообразности использования следующих мер и процессов: Использование тканевых фильтров, мокрых и сухих газоочистителей и керамических фильтров.	Наиболее эффективными являются тканевые фильтры из материалов с высокими техническими характеристиками. Уловленные частицы должны быть направлены обратно в печь.
Дожигатели и охлаждение	Чтобы обеспечить полное сгорание органических соединений нужно использовать дожигатели с температурой не ниже 950 °С. После этой стадии выполняется охлаждение горячих газов до температуры ниже 250° С.	Нужно учесть следующие процессы: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Образование ПХДД/ПХДФ при температуре 250 °–500 °С и разложение их при температуре выше 850 °С в присутствии кислорода.</li> <li>• Для полного сгорания нужно обеспечить присутствие в верхней части печи достаточного количества O<sub>2</sub>.</li> <li>• Нужно правильно спроектировать систему охлаждения, чтобы свести к минимуму окно преобразований.</li> </ul>	Синтез de novo все же возможен вследствие охлаждения газов в окне преобразования.
Адсорбция на активированном угле	Следует рассмотреть возможность применения активированного угля, поскольку этот материал имеет большую поверхность и является идеальной средой для адсорбции ПХДД/ПХДФ.	Следует рассмотреть вопрос о целесообразности использования следующих мер и процессов: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Обработка активированным углем в реакторы с неподвижным или движущимся слоем.</li> <li>• Ввод в поток газа частиц угля, улавливаемых затем высокоэффективным устройством, например тканевым фильтром.</li> </ul>	Можно также использовать известняк/смеси углеродистых материалов.
<b>Новые исследования</b>			
Каталитическое окисление	Каталитическое окисление – новая технология,	Нужно учесть следующее: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Высокая эффективность</li> </ul>	Было показано, что каталитическое окисление приводит к



	<p>заслуживающая внимания из-за своей высокой эффективности и низкому расходу электроэнергии. В процессах каталитического окисления органических соединений до воды, диоксида углерода (CO<sub>2</sub>) и соляной кислоты используется металлический катализатор, содержащий драгоценные металлы.</p>	<p>процесса, когда загрязнитель находится в паровой фазе.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Обработка получающейся соляной кислоты в скруббере и выпуск воды и CO<sub>2</sub> в атмосферу после охлаждения.</li> </ul>	<p>разложению ПХДД/ПХДФ при меньшем времени нахождения, меньшем расходе энергии и эффективности очистки 99 %, Для достижения оптимальной эффективности перед каталитическим окислением нужно очистить отходящие газы от пыли.</p>
--	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

## 7. Достижимый эксплуатационный уровень, ассоциируемый с НИМ

Достижимый эксплуатационный уровень для плавильных печей производства вторичного свинца, ассоциируемый с НИМ: < 0,1 нг I-TEQ. /нм<sup>3</sup> (при рабочих концентрациях кислорода)<sup>1</sup>

### Ссылки на литературу

EPA (United States Environmental Protection Agency). 1986. *Secondary Lead Processing*. Background Report AP-42, Section 12.11. [www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch12/final/c12s11.pdf](http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch12/final/c12s11.pdf).

European Commission. 2001. *Reference Document on Best Available Techniques in the Non-Ferrous Metals Industries*. BAT Reference Document (BREF). European IPPC Bureau, Seville, Spain. [eippcb.jrc.es](http://eippcb.jrc.es).

Hübner C., Boos R., Bohlmann J., Burtscher K. and Wiesenberger H. 2000. *State-of-the-Art Measures for Dioxin Reduction in Austria*. Vienna. [www.ubavie.gv.at/publikationen/Mono/M116s.htm](http://www.ubavie.gv.at/publikationen/Mono/M116s.htm).

Parvesse T. 2001. "Controlling Emissions from Halogenated Solvents." *Chemical Processing*. [www.chemicalprocessing.com/Web\\_First/cp.nsf/ArticleID/NJEC-4VPKAW/](http://www.chemicalprocessing.com/Web_First/cp.nsf/ArticleID/NJEC-4VPKAW/).

<sup>1</sup> 1 нг (нанограмм) = 1 × 10<sup>-12</sup> килограмм (1 × 10<sup>-9</sup> грамм); нм<sup>3</sup> = нормальный кубический метр, объем сухого газа, измеренный при температуре 0 °С и давлении 101,3 кПа. Сведения об измерении токсичности приведены в параграфе 3 раздел I.C настоящего руководства.

## (ii) Производство первичного алюминия

### Резюме

Первичный алюминий получают непосредственно из руды (бокситов). Сырье для производства алюминия (глинозем) получают по способу Байера. Металлический алюминий получают электролитическим восстановлением по способу Холла – Эру (с использованием либо самообжигающихся анодов (анодов Зодерберга), либо предварительно обожженных анодов).

Считается, что производство первичного алюминия не является крупным источником химических веществ, перечисленных в Приложении С Стокгольмской конвенции. Однако загрязнение ПХДД/ПХДФ возможно из-за использования для плавления в электролитической ванне графитовых электродов.

К основным методам снижения объема образования и выбросов химических веществ, перечисленных в Приложении С для сектора производства первичного алюминия, относятся усовершенствование и контроль производства анодов, и использование передовых технологий плавления. Достижимый эксплуатационный уровень, ассоциируемый с НИМ в этом секторе: < 0,1 нг I-TEQ/нм<sup>3</sup> (при рабочих концентрациях кислорода)

## 1. Описание процесса

Первичный алюминий получают непосредственно из руды (бокситов). Сырье для производства алюминия (глинозем) получают по способу Байера. Металлический алюминий получают электролитическим восстановлением по способу Холла – Эру. В данном разделе не рассматриваются процессы производства вторичного алюминия, которые освещаются в разделе V.D (iii) настоящего руководства.

### 1.1. Процесс Байера: получение алюминия из бокситов

Глинозем получают из бокситов по методу Байера. Бокситную руду обезвоживают, дробят и истирают в порошок, который смешивают с раствором едкого натра. Глинозем извлекают из раствора при повышенной температуре и давлении в автоклавах. В результате получается пульпа, содержащая раствор алюмината натрия и нерастворимый остаток боксита, содержащий оксиды металлов. Этот остаток называется красным шламом. Его удаляют в сгустителях, затем промывают для извлечения химических веществ и сбрасывают в шламоохранилище. Раствор алюмината натрия охлаждают, направляют в осадители, и вводят в него тонкодисперсные частицы гидроксида алюминия в качестве затравки целью создания в растворе центров кристаллизации частиц чистого гидроксида алюминия. Суспензию кристаллов гидроксида алюминия промывают для удаления щелочного раствора и подают во вращающиеся печи или печи обжига в кипящем слое. Конечным продуктом прокаливания является оксид алюминия или глинозем, представляющий собой белый порошок, похожий на поваренную соль (рис. 2).

### 1.2. Процесс Холла-Эру: Электролитическое восстановление из глинозема

Алюминий получают из глинозема электролизом в процессе, известном как процесс Холла-Эру. Глинозем растворяют в электролитической ванне в присутствии расплавленного криолита (двойного фторида натрия и алюминия). Через электролит пропускают электрический ток, проходящий между анодом и катодом. В результате получают расплавленный алюминий, осаждающийся на дне электролитической ванны. Алюминий периодически сливают и направляют в отражательную печь для выдержки. Там в него добавляют легирующие добавки и флюс и дегазируют для удаления следов примесей. После этого из алюминия делают отливки или направляют на заводы для производства изделий из алюминия.

Рис. 2. Упрощенная схема получения глинозема



Источник: Ассоциация производителей алюминия Канады

### 1.3 Производство алюминия

Для производства алюминия применяются технологии двух типов (рис. 3): с самообжигающимися анодами (анодами Зодерберга) и с предварительно обожженными анодами.

Появившиеся раньше самообжигающиеся аноды выполняются на месте из анодной массы, состоящей из прокаленного нефтяного кокса и каменноугольного пека. Они обжигаются за счет тепла, выделяемого расплавленной электролизной ванной. По мере расходования анода в кожух анода подают дополнительную анодную массу, и замены анода не требуется. В электролитические ванны с самообжигающимися анодами периодически вводят глинозем через отверстия, пробиваемые в корке глинозема и застывшего электролита, покрывающей расплавленную ванну. В зависимости от размещения токоподводящих штырей различают самообжигающиеся аноды с верхним токоподводом и с боковым токоподводом. На современных заводах применяются устройства автоматической подачи, устраняющие необходимость регулярного пробивания корки.

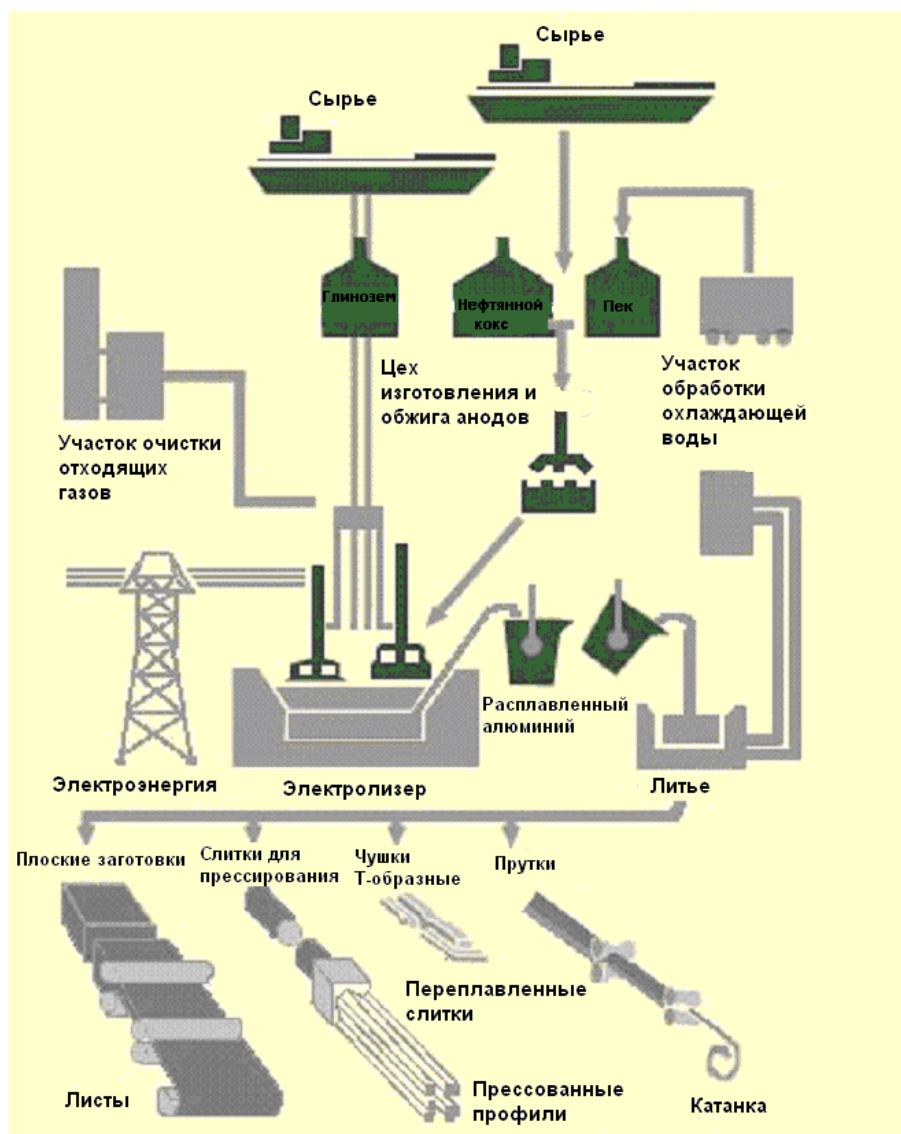
Предварительно обожженные аноды изготавливают на электродных заводах из смеси прокаленного нефтяного кокса и каменноугольного пека. Из этой смеси формируют блоки, которые обжигают в печи обжига анодов. Цеха по производству предварительно обожженных анодов часто являются частью алюминиевого завода. Блоки предварительно обожженных анодов постепенно опускают в ванну, по мере расходования, и их нужно заменять до того, как будет израсходован весь блок. Неизрасходованные части анодов, называемые анодными остатками, очищают и отправляют в электродный цех для повторного использования. Загрузка глинозема в электролизную ванну осуществляется через отверстия в корке, пробитые либо по периметру ванны, либо по осевой линии ванны, либо в выбранных местах на осевой линии ванны.

Обычно каждые пять-восемь лет приходится заменять катоды из-за их постепенного разрушения их поверхности, в результате которого расплавленный электролит и алюминий проникают к катодным стержням и стальному кожуху. Изношенные катоды содержат опасные токсичные вещества, такие как цианиды и фториды, и их нужно утилизировать должным образом.

Расплавленный глинозем периодически удаляют из ванны с использованием вакуумного сифона и сливают в тигли. Тигли с жидким металлом транспортируются в разливочное отделение, где алюминий поступает в печи для выдержки металла. В этих печах в металл добавляют легирующие

элементы. При окислении расплавленного алюминия, образуется дross (“съемы”), который удаляют. Дальнейшее окисление дrossа происходит в герметизированных контейнерах. В процессе используются подушки из азота и аргона. После этого удаляют натрий, магний, кальций и водород. Состав газа, используемого для обработки, зависит от характера примесей. Для удаления водорода используют аргон или водород; для удаления металлических примесей используют смеси хлора с азотом или аргоном.

Рис. 3. Общая схема электролитического процесса производства алюминия



Источник: Ассоциация производителей алюминия Канады.

## **2. Источники химических веществ, перечисленных в Приложении С Стокгольмской конвенции**

Маловероятно, что производство первичного алюминия является крупным источником выбросов полихлорированных дибензо-пара-диоксинов (ПХДД) и полихлорированных дибензофуранов (ПХДФ). Однако загрязнение ПХДД/ПХДФ возможно из-за использования для плавления в электролитической ванне графитовых электродов. (AEA Technology Environment 1999, p. 63). Обычно считается, что уровни выбросов ПХДД/ПХДФ невелики, и основной интерес вызывает термическая обработка лома (UNEP 2003, p. 73). Это далее обсуждается в приведенном ниже параграфе 2.3.

### **2.1 Выбросы ПХДД/ПХДФ**

Есть лишь ограниченный объем информации об образовании ПХДД/ПХДФ в процессе производства первичного алюминия. В некоторых литературных источниках указывается, что, судя по результатам первых испытаний, выбросы ПХДД/ПХДФ в этом секторе невелики.

Сообщается, что не следует считать вероятными значительные различия в объеме выбросов на тонну произведенного алюминия при использовании самообжигающихся анодов и предварительно обожженных анодов (AEA Technology Environment 1999, p. 63). Результаты исследований источников выбросов и систем предотвращения загрязнений, используемых в процессах изготовления предварительно обожженных анодов, показали, что объем выбросов ПХДД из этих источников невелик. Однако, если применяются соединения или добавки, содержащие хлор, нужно выполнить дополнительную оценку выбросов (European Commission 2001, p. 669).

В некоторых исследованиях изучали содержание ПХДД в парах, образующихся при разливке, поскольку использование хлора для дегазации и присутствие углерода, поступившего с дымовыми газами, могут привести к образованию ПХДД. Данные, полученные из литейных отделений, показали, что выбросы значительно меньше 1 грамма в год (European Commission 2001, p. 289). Возможности образования ПХДД/ПХДФ в процессе рафинирования при производстве первичного и вторичного алюминия не были полностью изучены. Рекомендовано дать количественную оценку этого источника (European Commission 2001, p. 318).

### **2.2 Выбросы в грунт**

Считается, что производство первичного алюминия из руды не связано со значительными выбросами ПХДД/ПХДФ (Министерство охраны окружающей среды Новой Зеландии - New Zealand Ministry for the Environment 2000). В работе *Review of Dioxin Releases to Land and Water in the UK (Обзор выбросов диоксина в воду и загрязнение почвы в Соединенном Королевстве)* утверждается, что существует возможность небольшого загрязнения ПХДД/ПХДФ при использовании графитовых электродов (UK Environment Agency 1997). Данные шведских исследователей показывают, что шлак из электролизных ванн может содержать 7,8 нг/кг Nordic-TEQ. Однако, если катод выполнен из углеродистого материала высокой степени очистки, и в процессе восстановления не используется хлор и хлорсодержащие материалы, образование ПХДД/ПХДФ не считается возможным.

Мелкие куски металла, возвращаемые в производство, могут содержать ПХДД/ПХДФ, поскольку для дегазации части алюминия, из которой получали заготовки для прессования, использовали хлор или хлорсодержащие материалы.

### **2.3 Интересные результаты исследований**

Есть лишь ограниченная информация по непреднамеренному образованию ПХДД/ПХДФ в этом секторе. Он не считается крупным источником выбросов. В одной работе сообщается, что выбросы диоксинов и фуранов не обнаруживаются (ESP Environmental Ltd., 2000). Однако в работе

российских исследователей по выбросам ПХДД/ПХДФ в Красноярске, опубликованной в 2001 г., сделан вывод, что на долю алюминиевого завода приходится 70% выбросов ПХДД/ПХДФ в атмосферу и 22% выбросов ПХДД/ПХДФ на поверхность земли из промышленных источников. (Kucherenko et al. 2001). Необходимо провести дальнейшие исследования, чтобы показать, является ли производство первичного алюминия заметным источником диоксинов и фуранов.

#### **2.4 Общая информация по выбросам с заводов по производству первичного алюминия**

Газы, вызывающие парниковый эффект, являются главными загрязнителями, связанными с производством алюминия. Они образуются при сгорании ископаемых топлив и при расходовании угольных анодов. Кроме того, в результате анодных эффектов образуются перфторуглероды. Помимо газов, вызывающих парниковый эффект, печи для производства алюминия выделяют в атмосферу другие газы, а также некоторые твердые частицы (частицы футеровки электролизных ванн) и жидкие загрязнители (SNC-Lavalin Environment 2002, p. 3:14).

“Использование угольных анодов приводит к выделениям диоксида серы ( $\text{SO}_2$ ), карбонил сульфид ( $\text{COS}$ ), полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) и оксида азота ( $\text{NO}_x$ ). Большая часть серы выделяется из угольных анодов в составе карбонил сульфида, который не полностью окислен до  $\text{SO}_2$  до выпуска в трубу после газоочистителей электролизного корпуса. Выбросы серосодержащих веществ представлены, в основном,  $\text{SO}_2$ , с небольшим количеством карбонил сульфида. Ожидается, что объем выбросов серосодержащих газов в процессе производства алюминия будет возрастать с увеличением содержания серы в нефтяном коксе, используемом для производства анодов. ПАУ образуются в результате неполного сгорания углеводородов, содержащихся в определенных видах пека, используемого для производства анодов. Использование предварительно обожженных анодов практически исключило выбросы ПАУ, связанные, главным образом, с использованием самообжигающихся анодов. Выбросы  $\text{NO}_x$  происходят, преимущественно, в результате сгорания топлива в печах для обжига анодов ” (SNC-Lavalin Environment 2002, p. 3:14).

“Электролиз глинозема приводит также к выбросам фторсодержащих соединений (частицы твердых фторсодержащих соединений и пары фторводорода) и других вредных веществ. Эффективность удаления фторсодержащих соединений из отходящих газов гидролизеров в современных аппаратах сухой очистки с использованием глинозема в качестве адсорбента превышает 99%. Окончательные выбросы фторсодержащих соединений из современных электролизеров с предварительно обожженным анодом значительно ниже. Наиболее сильные выбросы летучих фторсодержащих соединений из электролизных ванн происходят в процессе замены анодов и охлаждения анодных остатков. Согласно оценкам, они в 4 - 5 раз больше выбросов из труб (после газоочистителей)” (SNC-Lavalin Environment 2002, p. 3:16).

Анодный эффект возникает, когда содержание глинозема падает ниже определенного уровня из-за отсутствия поступления свежего глинозема. Он приводит к образованию перфторуглеродов в электролизных ваннах. Углерод анода реагирует с фтором преимущественно в растворе криолита, поскольку в среде глинозема недостаточно кислорода. Когда возникает анодный эффект, образуются тетрафторид углерода ( $\text{CF}_4$ ) и гексафторэтан ( $\text{C}_2\text{F}_6$ ), и происходит резкое повышение напряжения. Количество образовавшихся перфторуглеродов зависит от эффективности контроля питания электролизера глиноземом. В электролизерах, не оборудованных эффективными средствами контроля питания, анодные эффекты могут самым большим источником выбросов перфторуглеродов. На их долю приходится более 50% всех выбросов от плавильного производства (в эквиваленте  $\text{CO}_2$ ). Практически любой электролизер с точечным питанием и компьютеризированной системой управления может работать с низкой периодичностью анодных эффектов. В более старых аппаратах, таких как электролизеры с самообжигающимися анодами с верхним и с боковым токоподводом, образуется большее количество перфторуглеродов. В этих

устройствах обычно нет отдельных систем контроля, и питание глиноземом не автоматизировано. Средства контроля процесса в современных электролизерах с предварительно обожженными анодами позволяют уменьшить выбросы перфторуглеродов до менее чем 5% от общих выбросов газов, вызывающих парниковый эффект, из плавильного производства. Образование CO<sub>2</sub> в процессе расходования анодов является вторым по величине источником для электролизеров, не оборудованных современными средствами контроля процесса (SNC-Lavalin Environment 2002, p. 3:10–11).

**Таблица 3 Образование газообразных и жидких веществ, побочных продуктов и твердых отходов при производстве первичного алюминия**

Процесс	Выбросы в атмосферу <sup>а</sup>	Жидкие отходы	Побочные продукты и твердые отходы
Производство глинозема	Твердые частицы	Сточные воды, содержащие крахмал, песок и едкий натр	Красный шлам, оксалат натрия.
Производство анодов	Твердые частицы, фторсодержащие соединения, полициклические ароматические углеводороды, SO <sub>2</sub> , ПХДД/ПХДФ <sup>б</sup>	Сточные воды, содержащие взвешенные твердые частицы, фторсодержащие соединения и органические вещества.	Угольная пыль, пек, частицы футеровки электролизных ванн.
Выплавка алюминия	CO, CO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , фторсодержащие соединения (газообразные и в виде твердых частиц), перфторуглероды (CF <sub>4</sub> , C <sub>2</sub> F <sub>6</sub> ), полициклические ароматические углеводороды, ПХДД/ПХДФ <sup>б</sup>	Мокрые осадители аэрозольных частиц (мокрые электростатические осадители)	Частицы футеровки электролизных ванн, отходы из мокрых осадителей аэрозольных частиц, шлаки.

а. Без учета выбросов, связанных со сжиганием.

б. По данным исследований в Красноярске (Kucherenko et al. 2001).

Источник: Energetics Inc. 1997

### **3. Альтернативные процессы в плавильном производстве первичного алюминия (новые технологии)**

Стокгольмская конвенция заявляет, что при рассмотрении предложений о строительстве нового завода по производству первичного алюминия следует уделять первоочередное внимание альтернативным процессам, методам или практике, которые имеют аналогичную полезность, но при которых предотвращается образование и выброс указанных веществ.

Есть ряд инициатив, направленных на проведение исследований с целью организации производства первичного алюминия с уменьшенными уровнями расхода электроэнергии и выбросов загрязняющих веществ (European Commission 2001, p.335; SNC-Lavalin Environment 2002; Welch 1999; USGS 2001; BCS Inc. 2003, p. 41–58). К этим инициативам относятся следующие:

Инертные аноды: аноды, не содержащие углерода, являются инертными, их размер не изменяется, они расходуются медленно и с выделением кислорода вместо  $\text{CO}_2$ . Использование инертных анодов устраняет необходимость в цехе по производству угольных анодов (и выбросы полициклических ароматических углеводородов);

Смачиваемые катоды: новые материалы или покрытия для существующих катодов, позволяющие повысить эффективность использования электроэнергии;

Вертикальные электроды – низкотемпературный электролиз (VELTE): в процессе используются нерасходуемые аноды из металлического сплава, смачиваемые катоды и электролизная ванна, заполненная глиноземом при относительно низкой температуре  $750^\circ\text{C}$ , с находящимися в ванне взвешенными свободными частицами глинозема. Эта технология может обеспечить получение первичного металлического алюминия с более низким расходом электроэнергии, при более низких затратах и с меньшим ущербом для окружающей среды, чем обычный процесс Холла-Эру;

Технология со стеканием алюминия по наклонной поверхности катода: предусматривает покрытие катодов электролизера дибромидом титана. При этом не создается слой накапливающегося металла, благодаря чему уменьшается расстояние между анодом и катодом, уменьшается требуемое напряжение и теплотери;

Карбометрический метод: позволяет получать алюминий с использованием химической реакции (карбометрическое восстановление), протекающей в реакторе. Для этого требуется меньше пространства, чем в процессе Холла-Эру. Эта технология дает возможность значительно уменьшить расход электроэнергии и избежать вредного воздействия на окружающую среду в виде выбросов перфторуглеродов вследствие анодных эффектов на угольных электродах, опасной отработанной футеровки ванн, а также выбросов углеводородов при обжигании расходуемых угольных анодов;

Технология с использованием каолинита: производство алюминия путем восстановления хлорида алюминия в составе глин выглядит привлекательным, поскольку для этого есть легкодоступные запасы сырья и не требуется больших затрат. Термодинамические условия этого процесса способствуют быстрому протеканию реакций конверсии. Технология характеризуется низким расходом электроэнергии и отсутствием остатков боксита.

#### **4. Основные и дополнительные меры**

Ниже рассмотрены основные и дополнительные меры по снижению выбросов ПХДД/ПХДФ, связанных с производством первичного алюминия.

Степень уменьшения выбросов, которую можно обеспечить применением лишь основных мер, определить трудно. Поэтому рекомендуется рассмотреть возможность применения как основных, так и дополнительных мер на существующих заводах.

Следует отметить, что никаких дополнительных мер специально для снижения объема непреднамеренного образования ПХДД/ПХДФ при работе плавильных печей производства первичного алюминия разработано не было. Далее указаны общие меры, которые могут помочь уменьшить выбросы загрязняющих веществ при работе плавильных печей производства первичного алюминия, включая выбросы ПХДД/ПХДФ.

##### **4.1 Основные меры**

Основными считаются меры по предотвращению загрязнений, которые позволяют исключить или свести к минимуму образование и выброс определенных веществ (твердых частиц, фторсодержащих соединений, полициклических ароматических углеводородов, сероводорода, углекислого газа, оксида углерода и перфторуглеродов). Следует отметить, что не установлено основных мер специально в отношении ПХДД/ПХДФ. Иногда их называют оптимизацией



процесса, иногда - интеграционными мерами. Предотвращение загрязнений определяется как: “Использование процессов, методов, материалов, продуктов или энергии с целью предотвращения или минимизации образования загрязняющих веществ и отходов, а также уменьшения общей опасности для здоровья людей или для окружающей среды.” (См. Раздел III.B настоящего руководства).

При строительстве новых электролизеров использование предварительно обожженных анодов вместо самообжигающихся анодов является важной мерой предотвращения загрязнений, связанных с производством алюминия (World Bank 1998). Наилучшим имеющейся технологией производства первичного алюминия считается использование электролизеров с предварительно обожженными анодами и с автоматическим питанием глиноземом в нескольких точках (European Commission 2001, p. 325).

“Устройства точечного типа для питания электролизеров позволяют точнее готовить порции для последовательной загрузки в ванну. Обычно они расположены в центре ванны и, поэтому, препятствуют диффузии, способствующей перемещению растворенного глинозема к реакционной поверхности анода. Контролируемое добавление порций глинозема способствует интенсификации процесса растворения, что повышает стабильность и улучшает управление ванной, минимизирует анодные эффекты и уменьшает отложение нерастворимого шлама на катоде. На языке современной коммерции устройства точечного типа для питания электролизеров обеспечивают загрузку глинозема "в нужное время", что дает возможность эксплуатации электролизера в оптимальном режиме. Эти питающие устройства продолжают усовершенствоваться по мере разработки все более точных контроллеров электролизеров” (BCS Inc. 2003, p. 47).

В отрасли получают все более широкое применение высокотехнологичные контроллеры процесса, позволяющие сокращать частоту анодных эффектов и контролировать технологические параметры, в частности протекание химических процессов в электролизной ванне и концентрацию глинозема в растворе. Таким образом, обеспечивается работа электролизера в оптимальном режиме (BCS Inc. 2003).

К основным мерам, способствующим снижению образования и выбросов определенных веществ, относятся следующие (European Commission 2001, pp. 326, 675–676):

1. Применение системы управления охраной окружающей среды, контроля технологических параметров и организации технического обслуживания;
2. Применение компьютеризированной системы управления процессом электролиза, использующей базу данных по работающим электролизерам и осуществляющей мониторинг эксплуатационных параметров электролизеров. Целью является уменьшение расхода электроэнергии, а также количества и продолжительности анодных эффектов;
3. Если местное, региональное или долгосрочное воздействие на окружающую среду таково, что требуется уменьшение выбросов  $SO_2$ , целесообразно использовать для изготовления анодов или анодной массы уголь с низким содержанием серы, или применять систему очистки от  $SO_2$ .

#### **4.2 Дополнительные меры**

Считается, что к дополнительным мерам относится применение технологий или оборудования для предотвращения загрязнений, направленных на нейтрализацию вредных отходов производства. Следует отметить, что указанные ниже меры не считаются разработанными специально для минимизации выбросов ПХДД/ПХДФ, а направлены на борьбу с выбросами в целом.

Следующие меры оказались эффективными для уменьшения выбросов, связанных с производством первичного алюминия, и их следует считать наилучшими имеющимися методами. (European Commission 2001, p. 326, 675–676):

1. Подготовка исходного материала: измельчение и смешивание в закрытом оборудовании с вентиляцией, применение тканевых фильтров для предотвращения загрязнений;
2. Устройство для всех электролизеров газоотводящих зонтов, соединенных с системой газоотвода и фильтром. Использование прочных крышек и обеспечение достаточного расхода в системе газоотвода. Герметизированная система охлаждения анодных остатков;
3. Улавливание более 99 % паров из электролизеров в течение продолжительного времени. для всех электролизеров. Минимизация времени, затрачиваемого на открытие крышек и замену анодов;
4. Очистка газов, выделяющихся в процессе плавления при производстве первичного алюминия. Удаление пыли, фторсодержащих соединений и паров фторводорода в адсорбционном газоочистителе с использованием глинозема, и на тканевом фильтре. Полная эффективность удаления фторсодержащих соединений должна превышать 99,8 %. Уловленный фильтром глинозем, который был захвачен потоком газа, используется в электролизере;
5. Применение горелок с низким уровнем эмиссии NO<sub>x</sub> или кислородотопливных горелок. Управление горением в печах с целью оптимизации использования энергии и снижения выбросов полициклических ароматических углеводородов и NO<sub>x</sub>;
6. Если на предприятии есть цех по производству анодов, технологические газы следует направлять на очистку в адсорбционный газоочиститель с использованием глинозема, применяемого для электролиза, и пропускать через тканевый фильтр. Жидкие отходы производства анодов должны пройти через коксовый фильтр;
7. Разложение цианидов, пека и углеводородов в дожигателе, если они не были уловлены другими системами предотвращения загрязнений;
8. При необходимости - использование мокрой или полусухой газоочистки для удаления SO<sub>2</sub>;
9. При необходимости – использование биофильтров для удаления пахучих компонентов;
10. Использование герметизированных систем охлаждения или систем непрямого охлаждения.

## 5. Обзор рекомендуемых мер

В табл. 4 и 5 представлен обзор мер, рассмотренных в предыдущих статьях.

**Таблица 4. Меры для новых заводов по производству первичного алюминия**

Меры	Описание	Рекомендуемые процессы	Примечания
Альтернативные процессы	Следует отдавать предпочтение альтернативным процессам с более низким уровнем воздействия на окружающую среду, чем на заводах по производству первичного алюминия, работающих по традиционной технологии.	Примеры: Инертные аноды Смачиваемые катоды Вертикальные электроды – низкотемпературный электролиз Технология со стеканием алюминия по наклонной поверхности катода Карбометрический метод Технология с использованием	Эти процессы еще находятся на стадии разработки.

РАЗДЕЛ VI.B. Термические процессы в металлургической промышленности, не упомянутые в Приложении С

		каолинита	
Использование предварительно обожженных анодов	Использование электролизеров с предварительно обожженными анодами и с автоматическим питанием глиноземом в нескольких точках считается наилучшим имеющимся методом.		
Требования к эффективности	К новым заводам по производству алюминия должны предъявляться требования по обеспечению высокой эффективности предотвращения загрязнений и отчетности, в соответствии с наилучшими имеющимися методами и технологиями.	Необходимо рассматривать возможность использования основных и дополнительных мер, перечисленных в табл. 5.	Не установлено требований по эффективности предотвращения выбросов ПХД/ПХДФ на заводах по производству первичного алюминия.

**Таблица 5. Основные и дополнительные меры, рекомендуемые для заводов по производству первичного алюминия**

Меры	Описание	Рекомендуемые процессы	Примечания
<b>Основные меры</b>			
Система управления охраной окружающей среды, контроль технологических параметров и техническое обслуживание			
Компьютеризованная система контроля и управления процессом	Минимизирование расхода электроэнергии и уменьшение количества и продолжительности анодных эффектов		
Выбор исходного материала: использование для производства анодов или анодной массы углеродистых материалов с низким содержанием серы.	Подавление выбросов диоксида серы, если это необходимо.	Можно использовать системы очистки газов от SO <sub>2</sub>	

РАЗДЕЛ VI.B. Термические процессы в металлургической промышленности, не упомянутые в Приложении С

Меры	Описание	Рекомендуемые процессы	Примечания
<i>Дополнительные меры</i>			
Подготовка исходного материала: измельчение и смешивание исходного материала в закрытом оборудовании. Использование тканевых фильтров.	Предотвращение выбросов твердых частиц		
Снабжение всех электролизных ванн газоотводящими зонтами	Снабжение всех электролизных ванн зонтами для отвода и фильтрации газов		
Отвод и очистка паров	Эффективность улавливания паров должна превышать 99 %. Газы следует очищать от пыли, фторсодержащих соединений и HF, используя адсорбционный газоочиститель (с глиноземом) и тканевый фильтр.		Время, требуемое для открытия крышки и замены анодов, должно быть минимальным.
Горелки с низким уровнем эмиссии NO <sub>x</sub> или кислородотопливные горелки	Оптимизация процесса горения в печах с целью снижения выбросов полициклических ароматических углеводородов и NO <sub>x</sub>		
Адсорбционная очистка газов с использованием глинозема	Отходящие газы цеха по производству анодов нужно направлять на адсорбционную очистку с использованием глинозема, и пропускать через тканевый фильтр.		Уловленный фильтром глинозем, который был захвачен потоком газа, нужно использовать в электролизере. Жидкие отходы производства анодов должны пройти через коксовый фильтр.
Дожигатель	Разложение цианидов, пека и углеводородов, если они не были уловлены другими системами предотвращения загрязнений.		
Мокрая или полусухая газоочистка	Удаление SO <sub>2</sub> , если это требуется.		

Меры	Описание	Рекомендуемые процессы	Примечания
Биофильтры	Удаление пахучих компонентов, если это требуется.		

## 6. Достижимый эксплуатационный уровень, ассоциируемый с НИМ

Достижимый эксплуатационный уровень выбросов ПХДД/ПХДФ в секторе производства первичного алюминия, ассоциируемый с НИМ: < 0,1 нг I-TEQ / нм<sup>3</sup>

### Ссылки на литературу

AEA Technology Environment. 1999. *Releases of Dioxins and Furans to Land and Water in Europe*. Prepared for Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, Germany, on behalf of European Commission DG Environment.

Aluminium Association of Canada. [aac.aluminium.qc.ca/anglais/production/index.html](http://aac.aluminium.qc.ca/anglais/production/index.html).

BCS Inc. 2003. *U.S. Energy Requirements for Aluminum Production: Historical Perspectives, Theoretical Limits and New Opportunities*. Prepared under contract for the United States Department of Energy, Energy Efficiency and Renewable Energy.

Energetics Inc. 1997. *Energy and Environmental Profile of the U.S. Aluminum Industry*. Prepared for the United States Dept of Energy, Office of Industrial Technologies, Maryland. [www.oit.doe.gov/aluminum/pdfs/alprofile.pdf](http://www.oit.doe.gov/aluminum/pdfs/alprofile.pdf).

ESP Environmental Ltd. 2000. *Anglesey Aluminum Dioxin and Furan Emission Survey*. ESP Environmental Ltd, Carmarthenshire, Wales.

European Commission. 2001. *Reference Document on Best Available Techniques in the Non-Ferrous Metals Industries*. BAT Reference Document (BREF). European IPPC Bureau, Seville, Spain. [eippcb.jrc.es](http://eippcb.jrc.es).

Kucherenko A., Kluyev N., Yufit S., Cheleptchikov A. and Brodskj E. 2001. "Study of Dioxin Sources in Krasnoyarsk, Russia." *Organohalogen Compounds* 53:275–278.

New Zealand Ministry for the Environment. 2000. *New Zealand Inventory of Dioxin Emissions to Air, Land and Water, and Reservoir Sources*. [www.mfe.govt.nz/publications/hazardous/dioxin-emissions-inventory-mar00.pdf](http://www.mfe.govt.nz/publications/hazardous/dioxin-emissions-inventory-mar00.pdf).

SNC-Lavalin Environment. 2002. *Evaluation of Feasibility and Roadmap for Implementing Aluminium Production Technologies That Reduce/Eliminate Greenhouse Gases and Other Emissions*. Prepared for Environment Canada.

UK Environment Agency. 1997. *A Review of Dioxin Releases to Land and Water in the UK*. Research and Development Publication 3. Environment Agency, Bristol, United Kingdom.

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).

USGS (United States Geological Survey). 2001. *Technological Advancement: A Factor in Increasing Resource Use*. Open-File Report 01-197. [pubs.usgs.gov/of/of01-197/html/app2.htm](http://pubs.usgs.gov/of/of01-197/html/app2.htm).

Welch B.J. 1999. "Aluminum Production Paths in the New Millennium." *Journal of Metals* 51:5. [www.tms.org/pubs/journals/JOM/9905/Welch-9905.html](http://www.tms.org/pubs/journals/JOM/9905/Welch-9905.html).

World Bank. 1998. "Industry Sector Guidelines – Aluminum Manufacturing." In: *Pollution Prevention and Abatement Handbook*. World Bank, Washington, D.C.

### (iii) Производство магния

#### Резюме

Сырьем для производства магния служит либо неочищенный хлорид магния в процессе электролиза расплавленной соли, либо оксид магния, подвергаемый восстановлению ферросилицием или алюминием при высоких температурах. Вторичный магний может быть извлечен из различных отходов (например, из асбестовой крошки).

Добавление хлора или хлоридов, присутствие углеродных анодов или высокие температуры на отдельных стадиях технологического процесса производства магния могут повлечь образование химических веществ, перечисленных в Приложении С Стокгольмской конвенции, и их выброс в атмосферу и воду.

Альтернативная технология может предусматривать применение неграфитовых анодов, что устраняет источник загрязнения перерабатываемого материала углеродом, и применение активированного угля. Однако достижимая эффективность процесса, соотносимая с НИМ, зависит от используемой технологии и методов очистки выбросов в атмосферу и водную среду.

#### 1. Описание технологического процесса

Существует два основных технологических маршрута, используемых для производства металлического магния. Первый процесс выделяет из сырьевых материалов хлорид магния и преобразует его в металл посредством электролиза расплавленной соли. Процесс второго типа основан на восстановлении оксида магния ферросилицием или алюминием при высоких температурах. Ниже описываются примеры реализации процессов этих двух типов.

Магний может быть извлечен и выплавлен также из многих видов магнийсодержащего вторичного сырья (Всероссийский алюминиево-магниевый институт ВАМИ – VAMI, 2004).

##### 1.1. Процесс производства магния из магниоксидных минералов

Процесс позволяет производить магний из различных видов оксидного минерального сырья: магнезита, брусита, серпентина и др. Он пригоден также для производства магния из сырьевых материалов, содержащих сульфат магния, или их смеси с хлоридами, включая морскую воду. Во всех случаях хлор, получаемый в результате электролиза, утилизируется и получает применение для преобразования оксида или сульфата магния в хлорид магния (VAMI 2004).

Процесс включает в себя следующие стадии (см. рис. 4):

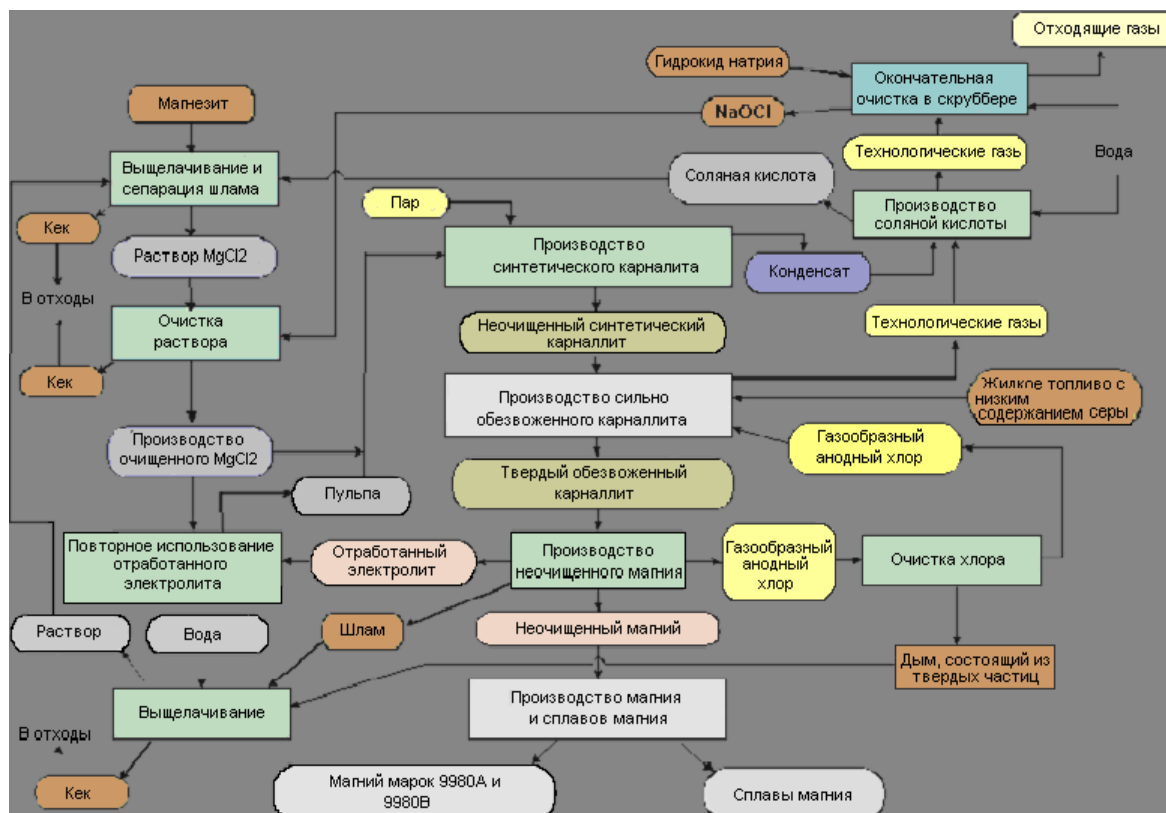
1. Выщелачивание сырья соляной кислотой и очистка получаемого раствора;
2. Сепарация продукта, содержащего хлорид магния, в форме синтетического карналлита или смеси хлоридов из упомянутого раствора;
3. Обезвоживание названного продукта в кипящем слое потоком горячих газов, содержащих хлористый водород, с выходом твердого обезвоженного продукта, содержащего не более чем по 0,3 вес.% оксида магния и воды;
4. Подача указанного продукта в электролизеры или главный агрегат поточной линии и его электролиз с выходом магния и хлора.

Хлор, получаемый при электролизе, подается в горелки печей кипящего слоя, где он преобразуется в хлористый водород (HCl). Уходящие газы печей кипящего слоя, содержащие HCl, орошаются

водой для получения соляной кислоты, используемой для выщелачивания сырья, либо нейтрализуются водной суспензией оксида магния для получения раствора хлорида магния.

Отработанный электролит, образующийся в процессе электролиза, используется для производства синтетического карналлита. Все хлорсодержащие отходы утилизируются, в результате чего получают нейтральные оксиды. В этом состоит важное преимущество процесса с экологической точки зрения.

**Рисунок 4. Схема технологического процесса производства магния из магнезиальных минералов**



Источник: VAMI 2004.

## 1.2. Процесс Пиджона (Pidgeon) (процесс термического восстановления)

В процессе Пиджона магний производится под вакуумом и при высоких температурах из обожженного доломита с использованием кремния в качестве восстановителя. В этом процессе мелкоизмельченный доломит (карбонат магния и кальция) подается во вращающиеся обжиговые печи, где он подвергается обжигу до выделения диоксида углерода, в результате чего получают обожженный доломит. Затем обожженный доломит подвергают размолу в валковой мельнице и смешивают с тонкоизмельченными ферросилицием и плавиковым шпатом. Дозируемые количества обожженного доломита, ферросилиция и плавикового шпата в тонкоизмельченном состоянии взвешивают партиями и смешивают в ротационном смесителе. Полученную смесь брикетируют в брикетировочных прессах (материал web-сайта Noranda Magnesium).

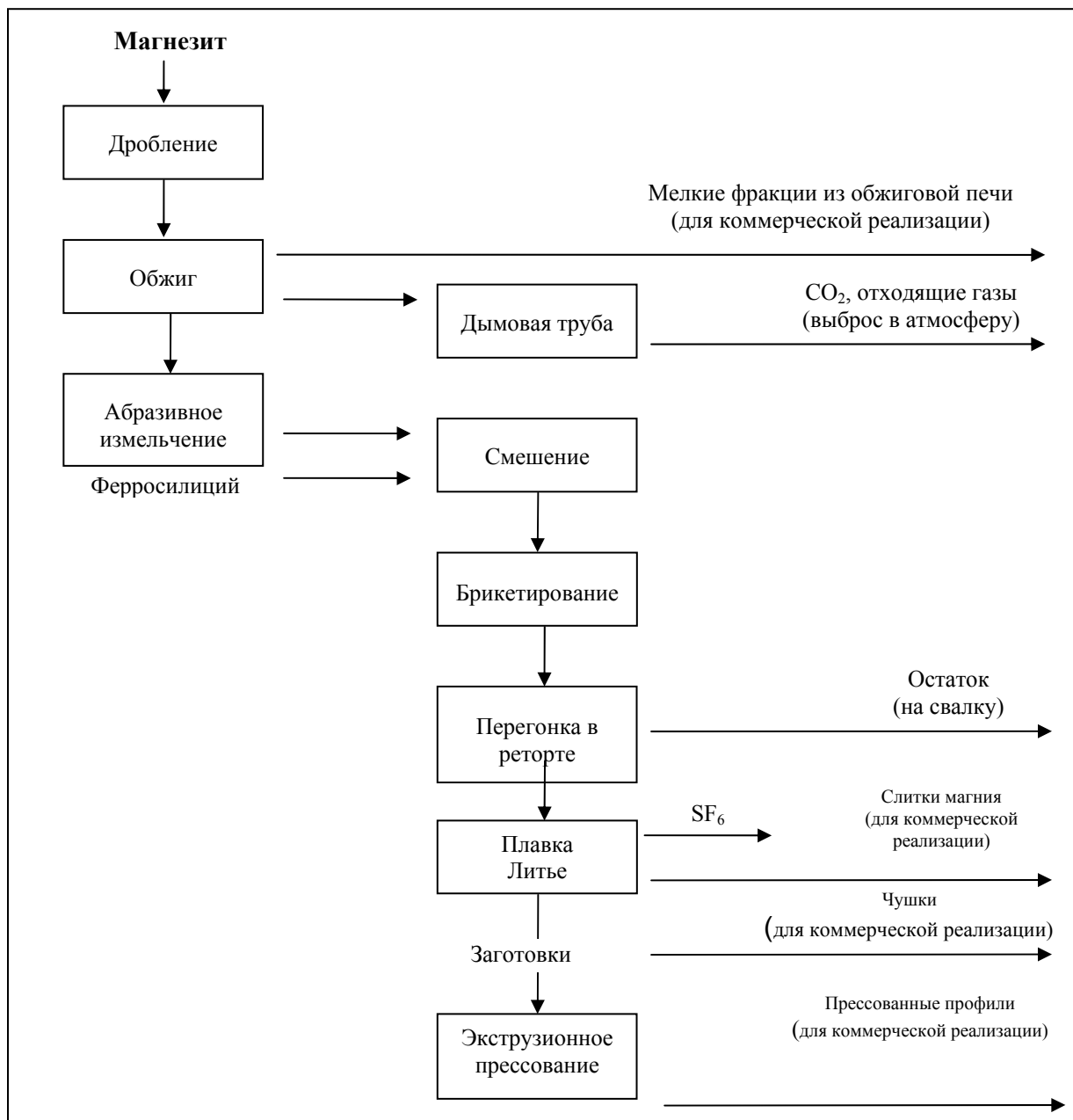
Затем брикеты транспортируют к восстановительным печам. Операция восстановления представляет периодический процесс с выделением магния в форме пара. Пары магния конденсируются в охлаждаемой водой секции реторты за стеной печи. После удаления из печи

магниевый крон выжимается из цилиндрического патрубку в гидравлическом прессе. Остаток от восстановительной завалки удаляется из реторты и направляется на свалку.

Рис. 5 иллюстрирует схему процесса.

**Рисунок 5. Технологическая схема процесса: магниевый завод Timminco**

Источник: Hatch and Associates, 1995.



### 1.3. Различные процессы и подходы

Различные термические процессы для производства магния используются во многих странах. В общих чертах они основываются на процессе Пиджона, разработанном в Канаде в 1940-х годах. Обожженный доломит (CaO:MgO) сплавляется с ферросилицием (FeSi) в вакууме. Магний выделяется из плавки испарением и конденсируется вне реактора с образованием металлического



осадка, который может быть извлечен и сформован в слитки для промышленного использования. Во многих случаях реторта нагревается углем. Это может привести к значительным эмиссиям стойких органических загрязнителей.

В качестве отходов образуется шлак, содержащий смесь силикатов железа и кальция с определенным количеством непрореагировавшего оксида магния, и зола от сжигания угля также должна быть удалена. Используемая для охлаждения вода загрязняется отходами процесса.

Процессы будут зависеть от природы имеющихся сырьевых материалов, размера предложенной установки, имеющейся инфраструктуры и местных условий. В настоящее время имеются улучшенные процессы, позволяющие минимизировать воздействие на окружающую среду вследствие уменьшения потребления энергии. Однако, эти процессы имеются только в лицензированном виде и, таким образом, могут быть совсем не доступны. Один процесс, который осуществляется почти непрерывно, был разработан в Южной Африке; он реализуется при атмосферном давлении (Mintek процесс) и доступен при наличии лицензии. Эффективный контроль выбросов зависит от точной спецификации предприятия и эффективной эксплуатации с целью минимизации потребления энергии при максимальном превращении сырья в конечный продукт. Имеется ряд подходов, и их выбор будет зависеть от реального сочетания экономических и технологических требований. Необходимо приспособить соответствующую систему контроля загрязнения воздуха и обеспечить надлежащую установку, чтобы обращаться с твердыми отходами и их удалением.

Выбор процесса, который минимизирует потребление энергии, может одновременно обеспечить минимизацию образования стойких органических загрязнителей. Отсюда непрерывные процессы имеют тенденцию к большей энергоэффективности, так как требуют меньше тепла для возвращения реактора к рабочей температуре между циклами. Один широко используемый процесс с доступной лицензией – это процесс Magnatherm, в котором для нагрева реторты вместо угля используется электрический индуктор. В результате, не происходит выделения стойких органических загрязнителей за счет топлива. Процесс также осуществляется в полунепрерывном режиме и при меньшем вакууме, чем на установке для первоначального процесса Пиджона. Нагрев с использованием нефти или газа вместо угля может в значительной степени уменьшить количество образующихся стойких органических загрязнителей и этот способ рекомендован, если система поставок таких видов топлива является надежной.

## **2. Источники химических веществ, перечисленные в Приложении С Стокгольмской конвенции**

### **2.1 Выбросы в атмосферу**

#### **2.1.1. Общие сведения о выбросах в атмосферу от производства магния**

Заводы магния в процессе производства генерируют загрязнители нескольких типов, включая пыль, диоксид серы ( $\text{SO}_2$ ), оксиды азота ( $\text{NO}_x$ ), хлор ( $\text{Cl}_2$ ), соляную кислоту ( $\text{HCl}$ ), а в некоторых случаях также выбросы гексафторида серы ( $\text{SF}_6$ ).

Пыль и диоксид серы выделяются главным образом при обжиге доломита и оксида магния ( $\text{MgO}$ ), при сушке гранул, а также при обработке отходящих газов хлорирования.

Источниками выбросов оксидов азота являются процессы обжиг доломита и  $\text{MgO}$  и сушки гранул. Хлор и соляная кислота выделяются в процессах электролиза и хлорирования и в системе очистки газа, отходящего при хлорировании.

Выброс диоксида углерода происходит в течение всего производственного процесса, а источником выбросов гексафторида серы является литейный цех.

### 2.1.2. Выбросы в атмосферу ПХДД/ПХДФ

Испытания, проведенные в цехе электролиза магниевого завода в Норвегии, показали, что образование полихлорированных дибензо-п-диоксинов (ПХДД) и полихлорированных дибензофуранов (ПХДФ) происходит главным образом при получении хлорида магния ( $MgCl_2$ ) из гранулированного  $MgO$  и кокса при нагреве их в печи в атмосфере  $Cl_2$  до  $700^{\circ}$ – $800^{\circ}C$  (Oehme, Manó and Bjerke, 1989; European Commission 2001).

Процессы очистки  $MgO$  с использованием  $HCl$  и графитовых пластинок («хлорирование») или электролиза  $MgCl_2$  с использованием графитовых электродов также являются возможными источниками образования ПХДД/ПХДФ (Программа ООН по окружающей среде – UNEP, 2003).

По сообщению компании Timminco Ltd (пров. Онтарио, Канада), применяющей технологический процесс термического восстановления Пиджона, выбросы в атмосферу ПХДД/ПХДФ составляют 0,416 г TEQ/год (ССМЕ 2003).

Данные об эмиссии диоксинов на бывшем заводе по производству магния в Норвегии (Norsk Hydro) в период 1992–2001 гг., представленные Норвегией, показывают, что эмиссия в атмосферу была приблизительно 0.03–0.25 мг I-TEQ/т произведенного  $Mg$ . Эмиссия сократилась с примерно 0.3 мг I-TEQ/т  $Mg$  до ниже, чем 0.1 мг I-TEQ/т  $Mg$  после внедрения на предприятии системы дополнительной очистки газа.

(Личное сообщение, участник от Норвегии, июнь 2006 г.).

Таблица 6 показывает эмиссии в атмосферу от разных процессов производства магния; следует отметить, что величины, представляющие результаты работы Norsk Hydro performance отличаются от приведенных выше.

**Таблица 6. Выбросы в атмосферу ПХДД/ПХДФ от разных процессов производства магния**

Тип процесса	Источник	Выбросы <sup>2</sup> (нг/нм <sup>3</sup> )	Концентрация (мкг TEQ/т)
Электролитический	Хлорирование отходящих газов	0,8	12
	Хлорирование газов, удаляемых системами вентиляции	0,8	28
	Выбросы от процессов электролиза/хлорирования		13
Термический	Восстановление, рафинирование и плавка	0,08	3

<sup>2</sup> 1 нг (нанограмм) =  $1 \times 10^{-12}$  кг ( $1 \times 10^{-9}$  г); н.м<sup>3</sup> = нормальные кубические метры; объем сухого газа, измеренный при 0 °С и 101,3 кПа. Информация по измерению токсичности приведена в Подразделе 3 Раздела I.C настоящих Руководящих принципов.

<sup>2</sup> Презентация компании Hydro Magnesium Canada на двустороннем межгосударственном информационном совещании по электролитическому производству магния в Монреале 12 декабря 2000 г., проведенная Жаном Ляперьером (Jean Lapergiere), начальником отдела по охране окружающей среды.

Норвежская технология компании Hydro Magnesium			< 1,0
------------------------------------------------	--	--	-------

Компания Hydro Magnesium Canada сообщает о полном объеме токсичных выбросов ПХДД/ПХДФ в атмосферу 0,456 г ТЕQ/год<sup>2</sup> с разбивкой по стадиям процесса, согласно табл. 7.

**Таблица 7. Распределение выбросов ПХДД/ПХДФ по источникам: компания Hydro Magnesium Canada**

Источник выброса	г ТЕQ/год
Растворение	0,001
Обезвоживание	0,112
Электролиз	0,277
Литье	0,025
Синтез HCl	0,0003
Переплавка Mg	0,050

## 2.2 Сбросы в другие среды

### 2.2.1 Сброс отходов в водную среду

Главными загрязнителями воды в процессе производства магния являются соединения металлов в форме взвешенных веществ. Однако хлорированные углеводороды и ПХДД/ПХДФ обнаруживаются также в сточных водах процесса электролиза магния (табл. 8).

**Таблица 8. Сбросы ПХДД/ПХДФ в водные объекты от различных процессов производства магния**

Процесс	нг/м <sup>3</sup>	г ТЕQ/год
Электролитический	100	13
Термический	0,08	3
Технология компании Norsk Hydro		<0,1

Источник: материал компании Hydro Magnesium Canada

Данные об эмиссиях Norsk Hydro в период 1992–2001 гг., представленные Норвегией, следующие (Личное сообщение, участник от Норвегии, июнь 2006 г.). (следует отметить, что величины, представляющие результаты работы Norsk Hydro performance отличаются от этих данных):

- 1 Сбросы диоксинов в воду: примерно 0,03–0,09 мг I-ТЕQ/т произведенного магния
- 2 Сбросы гексахлорбензола в воду примерно 0,02–0,2 г I-ТЕQ/т произведенного Mg.

### 2.2.2 Сброс отходов в грунт

Можно предположить, что процесс мокрой очистки газа в скрубберах, используемый для обработки газовых потоков, сопровождается образованием остаточных продуктов, содержащих ПХДД/ПХДФ. В этом случае система очистки воды с осаждением остаточных продуктов в пруде-отстойнике осуществляет сброс токсичных продуктов в грунт (Программа ООН по окружающей среде – UNEP, 2003).

**Таблица 9. Факторы эмиссии в магниевой промышленности: ПХДД/ПХДФ**

	Факторы эмиссии: мг ТЕQ/т Mg				
	Воздух	Вода	Почва	Продукт	Остаток
Производство с использованием термической обработки MgO/C в Cl <sub>2</sub> , фильтрат отсутствует, ограниченная обработка газа	250	9,000	н/п	н/п	0
Производство с использованием термической обработки MgO/C	50	30	н/п	н/п	9000
Термический восстановительный процесс	3	н/о	н/п	н/п	н/п

н/п - не применимо.

н/о - не обнаружено.

Источник: UNEP 2005.

**Таблица 10. Факторы эмиссии в магниевой промышленности: гексахлорбензол (ГХБ)**

	Факторы эмиссии: мг/кг				
	Воздух	Вода	Почва	Process generated	Испарение из почвы
Norsk Hydro, Posgrunn <sup>a</sup>	700–3 000	н/о	н/о	н/о	н/о.
Norsk Hydro, Bécancour <sup>a</sup>	90–170	2.4	60–120	н/о.	н/о
Noranda, Asbestos <sup>b</sup>	439	0	8	Не определялось	~6

н/о - не обнаружено

a. Источник: Bramley 1998.

b. Источник: Kemp 2004; отметьте, что установка использовалась только на 50% проектной мощности и предполагается, что, как результат, фактор эмиссии был завышен.

## 3. Альтернативные процессы производства магния

Хотя главными побудительными мотивами усовершенствования и разработки новых технологий могут быть повышение эффективности и производительности процесса, необходимо уделить должное внимание также экологическим аспектам. Следовательно, устранение или минимизация образования загрязнителей у источника выделений и внедрение эффективных систем борьбы с загрязнением окружающей среды должны быть предусмотрены уже на начальной стадии разработки проекта.

### 3.1 Процесс обезвоживания, разработанный компанией Norsk Hydro

Компания Norsk Hydro разработала и успешно внедрила на своем заводе в Канаде новый технологический процесс обезвоживания  $MgCl_2$  (European Commission 2001). Выбросы загрязнителей (в особенности ПХДД/ПХДФ), генерируемых этим процессом, значительно ниже, чем в распространенных промышленных процессах (таблицы 9 и 10).

Завод производит рассол  $MgCl_2$ , растворяя магнезитовую породу в соляной кислоте. Загрязняющие вещества, каковыми здесь являются алюминий, железо и марганец, удаляются из щелока от выщелачивания очисткой. Рассол затем подвергается испарению с отверждением и сушкой содержащихся в нем солей в кипящем слое. В результате получают  $MgCl_2$  в форме обезвоженного продукта.

Электролизеры компании Hydro потребляют ток порядка 400 кА. Гранулы  $MgCl_2$  непрерывно подаются в электролизеры из обезвоживающей установки. В результате этой операции образуются металлический магний и газообразный хлор. Газообразный хлор реагирует с водородом, образуя соляную кислоту, возвращаемую в процесс на ступень растворения магнезита. Расплавленный магний разливается в формы в контролируемых условиях. Конечными продуктами являются чистый металл и сплавы в форме слитков и слябов, подлежащих зачистке.

### 3.2 Получение магния из отходов обогащения асбестового минерального сырья по методу компании Noranda

Новая технология, примененная компанией Noranda<sup>3</sup>, основана на добыче магния из отходов обогащения асбестового минерального сырья (см. web-сайт компании Noranda Inc.). Ниже следует описание этого процесса.

Преобразование серпентина в высококачественный магний: в технологическом процессе производства магния, запатентованном компанией Noranda, серпентин подвергается ряду химических превращений и фильтрации, в результате чего получают высокочистый обезвоженный хлорид магния. Это вещество электролитически восстанавливается в современных высокоэффективных электролизерах с выходом магния и хлора. Хлор полностью улавливается и возвращается на рециркуляцию в процесс. Согласно расчетам экологической эффективности процесса, выполненным компанией, уровень выбросов в атмосферу ПХДД/ПХДФ при использовании системы адсорбционной очистки активированным углем не превышает 0,09 г ТЕQ.

Подготовка загружаемого сырья: Процесс производства магния по технологии компании Noranda начинается с переработки хризотилового серпентина ( $3MgO \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ ), остаточного продукта горной промышленности, содержащего 23% магния. Материал уже добыт и находится на поверхности земли, вблизи магниевого завода. Серпентин подвергается дроблению, грохочению и магнитной сепарации. Затем материал выщелачивается соляной кислотой для получения рассола хлорида магния наряду с остаточными продуктами – кремнеземом и железосодержащим остатком.

Очистка рассола: Для очистки раствора хлорида магния рассол подвергают ряду дальнейших операций очистки, обеспечивающих удаление главных загрязнителей, например бора. Загрязнители извлекают из рассола осаждением.

Сушка в кипящем слое: Высокочистый рассол подвергают сушке для получения гранулированного частично обезвоженного хлорида магния ( $MgCl_2$ ). Соляную кислоту HCl возвращают в процесс для использования на стадии выщелачивания.

Хлоринатор расплава: Гранулы хлорида магния плавятся в электролите и подвергаются процессу хлорирования с впрыском газообразного HCl. Кислота и вода регенерируются для использования на стадии выщелачивания.

<sup>3</sup> В апреле 2003 г. этот завод под давлением конъюнктуры рынка был закрыт на неопределенное время.

Электролизер: Металлический магний получают в результате электролиза, при котором через электролит пропускают высокоамперный электрический ток. Выделяющийся при электролизе газообразный хлор вымывается и рекомбинирует с водородом, снова образуя кислоту; в дальнейшем кислота опять преобразуется в газ, используемый в процессе хлорирования.

Разливка: Металлический магний выпускают из печи и разливают в слитки.

Очистка газовых выбросов: Все участки технологической линии завода оборудованы газоочистителями для очистки технологических и вентиляционных выбросов. Хлор полностью улавливается и возвращается в процесс. Газовые выбросы до выпуска в атмосферу подвергаются промывке для извлечения твердых частиц и других загрязнителей. Сброс технологических сточных вод в окружающую среду полностью отсутствует.

### **3.3 Термическая обработка и извлечение магния из лома**

Когда магний извлекают из лома, может возникнуть потенциальная возможность для образования и выброса химических веществ, перечисленных в Приложении С Стокгольмской конвенции. Разнообразные типы печей могут быть использованы в таких случаях.

Как и в других процессах получения вторичных металлов, образование будет усилено при наличии неполного сгорания, загрязненных загрузочных материалов, неадекватного контроля процесса, ненадлежащей температуры в печи и, особенно, при протекании реакции в зонах охлаждения (200–450°C).

Эффективное осуществление процесса и различные вторичные меры, включая дожиг, как это полагается, а также быстрое охлаждение газа, эффективное удаление пыли и, возможно, инъекция углерода снизит выбросы. Пыль и фильтраты могут содержать повышенные уровни химических веществ, перечисленных в Приложении С и их нужно обработать надлежащим образом.

## **4. Основные и дополнительные меры**

### **4.1 Основные меры**

Ввиду присутствия в процессе углерода и хлора в условиях высоких температур, наибольший интерес с точки зрения контроля выбросов ПХДД/ПХДФ представляет процесс электролиза.

К первичным мерам, способным уменьшить образование и выброс указанных веществ, относится устранение источника углерода путем замены графита анодами, изготовленными не из графита, а из других материалов (например, металлов). На предприятиях по производству хлора замена графитовых анодов металлическими осуществлена в начале 1970-х годов, после чего выбросы ПХДФ резко сократились (Eurochlor, 2001).

Разработан новый процесс обезвоживания  $MgCl_2$ , еще более снижающий уровни концентрации ПХДД/ПХДФ в выбросах (см. таблицы 9 и 10).

Ожидается, что применение технологии STI/VAMI на проектируемом магниевом заводе компании Cogburn в Британской Колумбии снизит образование хлорированных углеводородов в еще большей мере, чем это достигнуто благодаря отсутствию хлоринаторов на объектах компании Magnola. Дополнительная информация по этому вопросу содержится в Подразделе 5 (см. ниже).

### **4.2 Дополнительные меры**

К дополнительным мерам относятся:

Обработка технологических стоков такими методами, как нанофильтрация и применение специальных укрытий для твердых отходов и сточных жидкостей.

Очистка отходящего газа хлоринаторов до его сжигания рядом последовательно установленных мокрых скрубберов и мокрых электростатических фильтров, а также применение рукавных фильтров для очистки газов и удаления увлеченных солей из процесса электролиза магния.

Применение активированного угля: на магниевом заводе компании Cogburn применены две системы очистки сточных жидкостей от хлорированных углеводородов активированным углем.

## 5. Новые исследования

Ожидается, что на магниевом заводе компании Cogburn в Британской Колумбии (Канада) для разложения  $MgCl_2$  с целью получения металлического магния и газообразного хлора будут применены электролизеры системы STI/VAMI (рис. 6). В настоящее время в производстве магния используются преимущественно однополюсные безмембранные электролизеры. Технология STI/VAMI предусматривает проточную схему, при которой все электролизеры цеха электролиза связаны между собой. Каждый электролизер загружается в индивидуальном порядке. Магний и электролит перетекают из одного электролизера в следующий через систему закрытых желобов. Магний собирается в конце поточной линии в отдельной электролитической ячейке, откуда выводится через сифон для отливки в литейном цехе. В настоящее время эту систему использует магниевый завод на Мертвом море в Израиле (Hatch and Associates 2003).

Рисунок 6. Упрощенная схема технологического процесса: Магниевый завод компании Cogburn

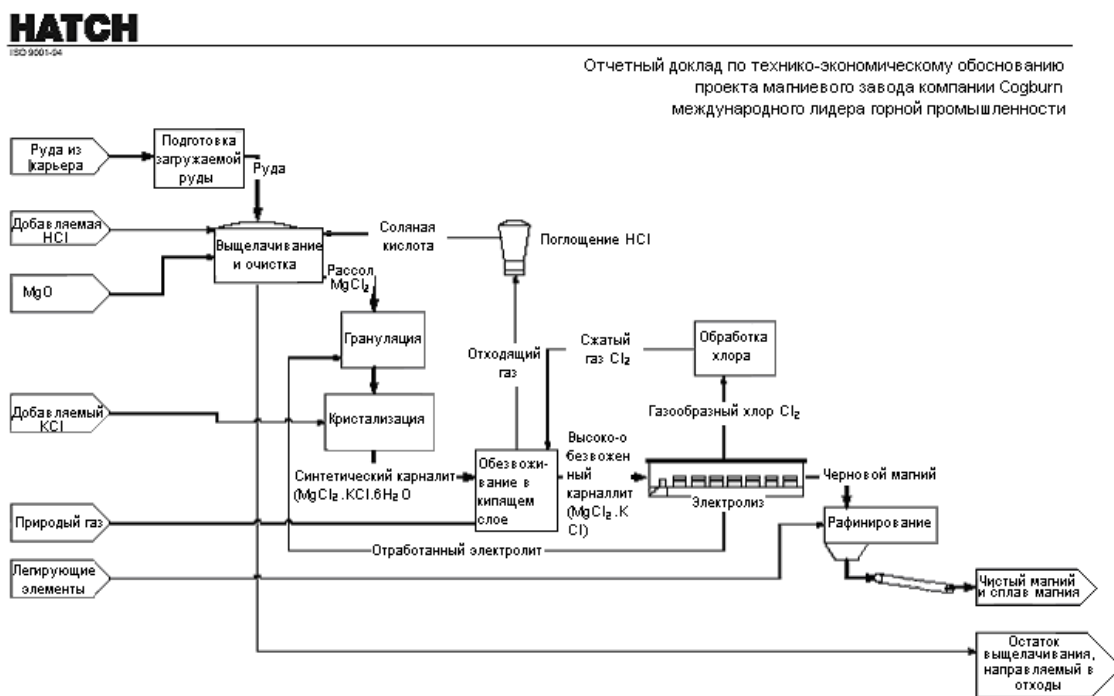


Рисунок 13. Завод по производству магния компании Cogburn - Упрощенная схема технологического процесса

PR56736.011

p:\wade\156728\docs\pr56736.011 project summary.doc

Ред.0, ств.49

PR.DOC, 0001

Источник: Hatch and Associates, 2003

## 6. Обзор рекомендуемых мер

В таблицах 11 и 12 дан обзор мер, рассмотренных в предыдущих Разделах.

**Таблица 11. Обзор основных мер, рекомендуемых для реализации на магниевых заводах**

Меры	Описание	Примечания
Внедрение альтернативных процессов	Первоочередному рассмотрению подлежат альтернативные процессы с меньшим воздействием на окружающую среду по сравнению с традиционными процессами производства магния	Примеры: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Процесс обезвоживания рассола, разработанный компанией Norsk Hydro</li> <li>• Устранение источника углерода: замена анодов из графита анодами из материала, не содержащего графита</li> </ul>
Качество загружаемого сырья	Плавильщики станут охотнее использовать лом магния и магнийсодержащие сырьевые материалы в технологическом процессе, если это сырье будет более доступно	Плавильщик должен гарантировать, что в производстве используется только высококачественный лом, свободный от загрязнителей
Методы предварительной обработки	При обжиге доломита возникает значительное количество пыли	Применение известняково-обжиговой печи с взвешенным слоем может значительно уменьшить пылевыделение

**Таблица 12. Обзор дополнительных мер, рекомендуемых для магниевых заводов**

Меры	Описание	Примечания
Очистка отходящих газов	Отходящие газы хлораторных печей на магниевых заводах содержат такие загрязнители, как ПХДД, ПХДФ и хлорированные углеводороды	Применение мокрых скрубберов и мокрых электростатических фильтров удаляет аэрозоли, а последующее сжигание отходящих газов разрушает ПХДД/ПХДФ и другие органические соединения Для абсорбции загрязнителей применяют также активированный уголь
Очистка технологических стоков	Сточные воды, собираемые из различных цехов магниевых заводов, например стоки газоочистки в скрубберах, содержат ПХДД/ПХДФ и хлорированные углеводороды	Твердые загрязняющие вещества удаляются флокуляцией, осаждением и фильтрацией, после чего газообразные загрязнители удаляются впрыском активированного угля



## 7. Эксплуатационные уровни ГХБ, связанные с наилучшими имеющимися методами, для процесса производства магния

Связанные с наилучшими имеющимися методами эксплуатационные уровни ГХБ для различных процессов производства магния отсутствуют.

### Ссылки на литературу

Bramley M.J. 1998. *Dioxin and Hexachlorobenzene Releases from Magnesium Production in North America: Lessons from Noranda's Magnolia Project in Asbestos, Quebec*. Greenpeace, Canada.

CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment). 2003. *Status of Activities Related to Dioxins and Furans Canada-Wide Standards*. CCME, Winnipeg.  
[www.ccme.ca/assets/pdf/d\\_f\\_sector\\_status\\_rpt\\_e.pdf](http://www.ccme.ca/assets/pdf/d_f_sector_status_rpt_e.pdf).

Eurochlor. 2001. *Effect of Dioxins on Human Health*. [www.eurochlor.org/chlorine/issues/dioxins.htm](http://www.eurochlor.org/chlorine/issues/dioxins.htm).

European Commission. 2001. *Reference Document on Best Available Techniques in the Non-Ferrous Metals Industries*. BAT Reference Document (BREF). European IPPC Bureau, Seville, Spain.  
[eippcb.jrc.es](http://eippcb.jrc.es).

Hatch and Associates. 1995. *Addendum to Primary Non-Ferrous Smelting and Refining Sector in Canada: Magnesium*. Prepared for Environment Canada.

Hatch and Associates. 2003. *Binder No. 1 Project Summary For Production Feasibility Study For Cogburn Magnesium Plant*. Prepared for Leader Mining International.  
[www.leadermining.com/Binder\\_No1\\_Project\\_Summary.pdf](http://www.leadermining.com/Binder_No1_Project_Summary.pdf).

Noranda Inc. *Noranda Magnesium – A Production Breakthrough*.  
[my.noranda.com/Noranda/magnesium/Introducing+Noranda+Magnesium/A+Production+Breakthrough/\\_A+Production+Breakthrough.htm](http://my.noranda.com/Noranda/magnesium/Introducing+Noranda+Magnesium/A+Production+Breakthrough/_A+Production+Breakthrough.htm).

Noranda Magnesium. *Magnesium Production: Thermal Reduction – Pidgeon Process*.  
[www.norandamagnesium.com/](http://www.norandamagnesium.com/).

Norsk Hydro. 2001. *Environmental Report 2001, Light Metals: Specific Values*.  
[www.hydro.com/de/global\\_commitment/environment/reports/light\\_metals\\_main.html](http://www.hydro.com/de/global_commitment/environment/reports/light_metals_main.html).

Oehme M., Larssen S. and Brevik E.M. 1991. "Emission Factors of PCDD/CDF for Road Vehicles Obtained by a Tunnel Experiment." *Chemosphere* 23:1699–1708.

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).

VAMI (Russian National Aluminium-Magnesium Institute). 2004. *Magnesium Production Process from Magnesium Oxide Resources*.  
[www.vami.ru/processes/magnesium/sposob\\_proizvod\\_magnia\\_is\\_oksidnogo\\_siria.htm](http://www.vami.ru/processes/magnesium/sposob_proizvod_magnia_is_oksidnogo_siria.htm).

## (iv) Производство вторичной стали

### Резюме

Вторичная сталь производится методом прямой выплавки из железосодержащего лома в электродуговых печах. В процессах плавки металлической части шихты и рафинирования стали из лома на сталеплавильных заводах с неполным металлургическим циклом получают углерод, легированные и нержавеющие стали. Железосодержащие сырьевые материалы могут состоять из лома (например, дробленого очищенного лома автомобилей и металлической стружки) или железа прямого восстановления.

С большой долей вероятности можно предположить, что в процессе выплавки стали в электродуговых печах химические вещества, перечисленные в Приложении С Стокгольмской конвенции, возникают в результате de novo синтеза при горении нехлорированных органических веществ, например полистирола, угля и диспергированного углерода, в присутствии доноров хлора. Многие из этих веществ содержатся в следовых концентрациях в стальном ломе или входят в состав исходных материалов процесса, например впрыскиваемого диспергированного углерода.

Основные меры включают в себя надлежащую обработку и кондиционирование отходящих газов, необходимые для предотвращения условий образования ПХДД/ПХДФ в процессах de novo синтеза. К основным мерам можно отнести дожигание отходящих газов с их последующим резким охлаждением. Дополнительные меры включают в себя впрыск адсорбента (например, активированного угля) и обеспыливание высокоэффективными тканевыми фильтрами.

Достижимый уровень эксплуатационной эффективности при использовании наилучших имеющихся методов производства вторичной стали составляет  $< 0,1 \text{ нг/нм}^3$  (при рабочих концентрациях кислорода).

## 1. Описание технологического процесса

### 1.1. Общее описание технологического процесса

Непосредственная плавка железосодержащих материалов, например металлолома, обычно производится в электродуговых печах, играющих важную и все возрастающую роль на современных металлургических заводах. На металлургических заводах неполного цикла, производящих вторичную сталь, в печи происходит плавление и рафинирование металлической части шихты, содержащей стальной лом. В качестве конечных продуктов здесь получают легированные и нержавеющие стали и углерод.

Электродуговая печь представляет собой цилиндрический сосуд с чашевидным отражательным подом и электродами, выступающими вниз со съемного свода печи. Футеровка печи выполнена из огнеупорного кирпича. Стены обычно состоят из охлаждаемых водой панелей с изоляционным покрытием, уменьшающим тепловые потери. Электроды также могут быть оборудованы системами водяного охлаждения.

Процесс выплавки стали в электродуговой печи включает в себя операции загрузки лома, плавления, рафинирования, удаления шлака и выпуска плавки. Кроме стального лома в составе шихты могут быть передельный чугун и легирующие элементы. По мере расплавления стального лома в печь могут загружаться дополнительные партии лома. Электродуговая печь генерирует теплоту, пропуская электрический ток между электродами через загруженную шихту.

Теплопоступления от дуги дополняются теплотой реакций между природным газом, кислородом и другими топливами.

Другие технологии, используемые для плавки железосодержащих материалов – купольные печи (горячие и холодные), индукционные печи и печи с продувкой.

Купольные печи используются для производства формового железа и формовой стали. Купольные печи – это работающие на коксе вертикальные печи, которые загружаются партиями сырьевых материалов или иногда загружаются непрерывно с использованием вибрационных лотки. Необходимое для плавки тепло получается путем сжигания кокса и воздуха (горячего или холодного), продуваемого внутрь через фурмы по бокам печи. Сама плавильная зона располагается в нижней трети вертикальной печи. Что касается использования тепла, функционирование ее подобна домашним печам, работающим на угле. Плавильная мощность в основном зависит от объема воздуха, вдуваемого внутрь для поддержания горения, количества топлива и диаметра печи (Quass, Fermann and Bröker 2000).

Индукционные печи – это простые тигли или желоба, которые нагреваются внешней электрической катушкой. Индукционные печи в форме желобов используются, главным образом, для плавящихся предметов большого размера. Электроток индуцируется в металле, загруженном в печь, и выделяется тепло. Печи могут быть снабжены колпаками по улавливанию дыма и системами пылеулавливания, которые могут использоваться в ходе операций шлакования и очистки. Для доступа к индукционной печи с целью загрузки и выпуска часто используется подвижная система колпаков. Колпаки весьма прочные, так что могут выдерживать механическое воздействие. Иначе, используют эффективное извлечение частями или ступенчато. Эффективность этой печи для некоторых материалов может быть низкой, но может быть увеличена, особенно если грузочный материал небольшой по размерам. Для улучшения эффективности и с целью правильного размещения колпаков для улавливания дыма большие предметы могут быть разрезаны на части. При некоторых непрерывных процессах, если эксплуатация печи это позволяет, на дне печи между грузками также сохраняется пята расплавленного металла. Они могут также работать под вакуумом, например, при плавке твердых сплавов, высоколегированных сталей или чистых металлов, а в некоторых случаях – для перегонки металлов. Температура печи может контролироваться автоматически, чтобы минимизировать образование дыма при плавке летучих или окисляющихся металлов, таких как цинк или цинк содержащие сплавы. Эти печи также используют для помещения металла при получении сплавов и формовки. Индуцированный в этих печах ток вызывает электромагнитное перемешивание металла, что способствует смешению загрузки и любого добавленного легирующего материала (European Commission 2001).

Доменная печь – это вертикальная печь с использованием фурм для продувки горячего или холодного воздуха в загрузку печи для плавки содержимого. Шлак загружается в верхнюю часть доменной печи слоями попеременно с коксом.

## **1.2 Исходное сырье**

Главным видом исходного сырья для печи является лом черных металлов, в частности, обрезки с металлургических заводов, отходы производства стальных изделий (например, в автотракторной промышленности) и крупный металлолом, получаемый после использования продуктов и изделий (например, по истечении срока службы автомобилей и бытовой техники) (European Commission, 2000). Кроме того, в печь вводят флюсы и различные присадки, например раскислители, или легирующие элементы. Железо прямого восстановления все шире используют в качестве исходного сырья ввиду низкого содержания в нем породных примесей и неустойчивых цен на лом (European Commission, 2000).

Флюсующие материалы добавляют для связывания нежелательных примесей с образованием шлака. Со шлаком из расплавленной стали удаляются загрязнители (например, кремний, сера и

фосфор). Для ускорения процесса производства стали, в печь может вводиться кислород. По окончании плавки печь наклоняется вперед, и расплавленная сталь выпускается.

### 1.3 Электродуговая печь

Для повышения производственной мощности многие сталеплавильные заводы применяют электродуговые печи на стадии плавления, а в ковшовых разливочных цехах – для окончательного рафинирования и легирования. В некоторых случаях сталеразливочный ковш направляют на станцию вакуумной дегазации для удаления газа, содержащегося в расплавленной стали, в соответствии с требованиями к качеству продукта.

Расплавленная сталь из электродуговой печи или разливочного литейного отделения направляется в машину непрерывного литья для производства фасонного литья, включая слябы, сутунки и балочные заготовки. На некоторых технологических линиях фасонное литье подвергают кислородной резке на мерные заготовки и транспортируют в горячем состоянии на стан горячей прокатки для дальнейшей обработки. На других сталеплавильных заводах имеются нагревательные печи. Стальным сутункам дают охладиться, а затем подвергают повторному нагреву в печи перед прокаткой для получения сортового проката требуемого профиля.

Производство стали из лома требует значительно меньших энергозатрат по сравнению с ее производством из железных руд (НИИ электроэнергетики США – EPRI, 1997). Производство вторичной стали с применением электродуговых печей является важным методом утилизации отходов, вносящим вклад в восстановление ресурсов стали и минимизацию отходов.

Производство стали с применением электродуговых печей имеет три важных преимущества: меньшие капиталовложения в сталеплавильный цех, значительно меньший расход энергии на производство стали в сравнении с технологией коксовых печей – доменных печей – кислородных конвертеров, применяемой на металлургических предприятиях полного цикла, и устранение из технологического процесса коксовых печей.

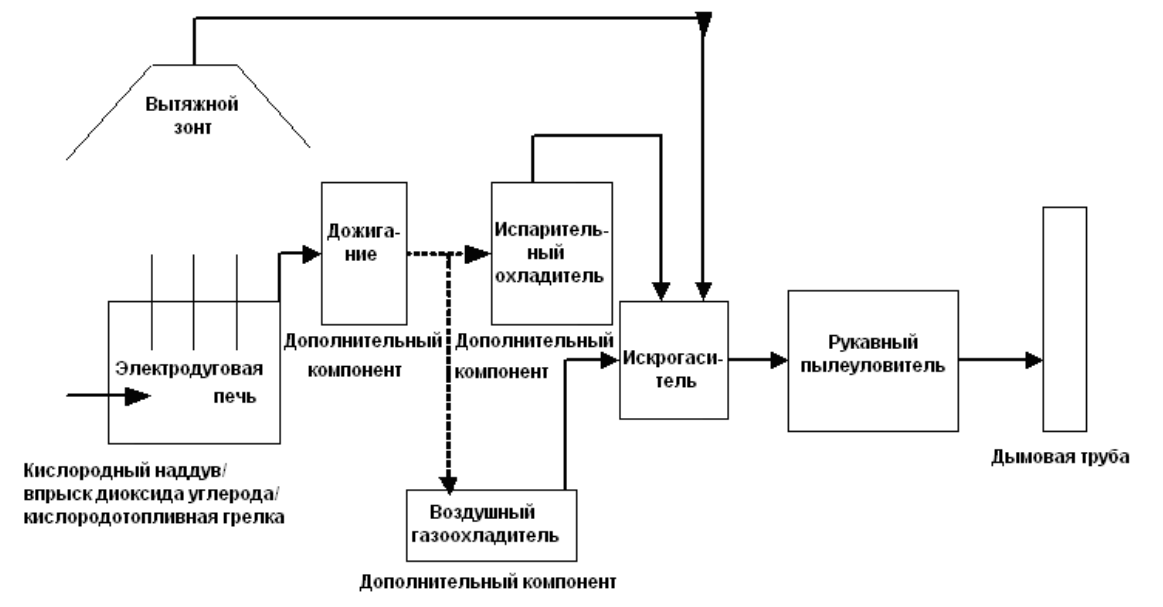
Производство стали в электродуговых печах это динамический периодический процесс с продолжительностью цикла плавки от выпуска до выпуска один час или менее (исключение представляют нержавеющие и специальные стали). Условия процесса непрерывно меняются в течение всего периода от раскрытия свода печи для загрузки стального лома до расплавления лома с выбросом в атмосферу таких загрязнителей, как масла и пластмассы, последующей ректификации и, наконец, выпуска стали. Условия в электродуговой печи и режим процессов горения изменяются на всем протяжении термического цикла.

В прошлые годы много новых и существующих электродуговых печей было оборудовано системой предварительного нагрева лома в потоке отходящих газов для регенерации энергии. Внедрены в производство две системы, доказавшие на практике свою эффективность: это так называемая шахтная технология и процесс «констил» непрерывного производства стали в электропечах. Шахтная система может быть рассчитана на предварительный нагрев 100% лома (European Commission, 2000).

В некоторых электродуговых печах применяется система водяного орошения или испарительного охлаждения горячих отходящих газов, в других печах перед газоочистителями устанавливают теплообменники. Печи могут быть оснащены сухим, частично увлажняемым или мокрым воздухоочистным оборудованием. Частично увлажняемые и мокрые системы очистки могут быть источниками загрязненных стоков.

На рис. 7 показана электродуговая печь и типичная система очистки газовых выбросов с тканевыми фильтрами.

Рисунок 7. Типичная система очистки газовых выбросов электродуговой печи



Источник: William Lemmon and Associates Ltd., 2004

## 2. Источники химических веществ, перечисленных в Приложении С Стокгольмской конвенции

### 2.1. Выбросы в атмосферу

#### 2.1.1. Образование ПХДД/ПХДФ

Выплавка стали в электродуговых печах является периодическим процессом, в результате которого могут возникать выбросы, меняющиеся в период нагрева шихты и от плавки к плавке. На различных предприятиях применяются системы очистки газов, различающиеся по принципиальной схеме и применяемому оборудованию. Эти факторы влияют на переменные концентрации загрязняющих веществ в отходящих газах технологического процесса.

В высокотемпературном металлургическом процессе, каковым является выплавка стали, образуется дым с испарениями и мельчайшими твердыми частицами металла и оксидов металла. Для удаления тонкодисперсного вещества из отходящих газов необходимы высокоэффективные системы газоочистки.

Ароматические галогенорганические соединения, включая полихлорированные дибензо-п-диоксины (ПХДД), полихлорированные дибензофураны (ПХДФ), хлорбензолы и полихлорированные бифенилы (ПХБ), могут образовываться в ходе термических процессов и были обнаружены в отходящем газе электродуговых печей. В этой группе соединений наибольшее значение имеют ПХДД/ПХДФ. Предварительный нагрев металлолома может повлечь увеличение выбросов ароматических галогенорганических соединений.

Отчет под названием «Исследование вариантов технического решения задачи предотвращения загрязнения окружающей среды электродуговыми печами в производстве стали» (компания William Lemmon and Associates Ltd., 2004), подготовленный для Канадского совета министров по охране окружающей среды, основан на положениях документа «Образование ПХДД/ПХДФ – Обзор» Программы Объединенных Наций по окружающей среде (UNEP, 2003) и объясняет главный механизм образования ПХДД/ПХДФ. Ниже резюмируются выводы этого отчета.

Механизм образования ПХДД/ПХДФ до конца не исследован. Преобладающая часть информации об этих веществах получена в лабораторных экспериментах или основана на опыте эксплуатации полупромышленных систем и муниципальных мусоросжигательных установок.

При выплавке стали в электродуговых печах образование ПХДД/ПХДФ, по всей вероятности, происходит в результате *de novo* синтеза при горении нехлорированных органических веществ, например таких, как полистирол, уголь и дисперсный углерод в присутствии доноров хлора. Многие из этих веществ содержатся в следовых концентрациях в стальном ломе или являются сырьевыми материалами процесса (например, вводимый углерод). В алюминиевой компании Ohio Valley Aluminium Company (Ovaco) отметили, что хорошо известно, что эмиссия ПХДД/ПХДФ очень мала, если в качестве сырья используется лом нержавеющей стали, и она представляет собой только часть эмиссии из других электродуговых печей; было высказано предположение, что это, вероятно, происходит благодаря каталитическому эффекту металлов, присутствующих в пыли (сообщение Ovaco, 2006).

Процессам образования и дехлорирования ПХДД/ПХДФ присущ некий дуализм, проявляющийся в одном и том же диапазоне температур при условиях, существующих в электродуговой печи. В общем случае, можно полагать, что дехлорирование ПХДД/ПХДФ происходит при температурах выше 750 °С в присутствии кислорода. С повышением температур сверх 750 °С интенсивность реакций дехлорирования возрастает, а требуемое время пребывания реагирующих веществ в активной зоне убывает.

С увеличением концентрации кислорода интенсивность образования ПХДД/ПХДФ возрастает. Неизвестно, продолжается ли эта тенденция при повышенных концентрациях кислорода (например, сверх 10% O<sub>2</sub>). В пиролитических условиях (дефицит кислорода) дехлорирование ПХДД/ПХДФ происходит при температурах выше 300 °С.

Некоторые металлы действуют как катализаторы образования ПХДД/ПХДФ. Медь проявляет себя как сильный катализатор, железо – как более слабый.

Конденсация относительно высокохлорированных ПХДД начинается в интервале температур 125°–60°С и становится все более интенсивной при понижении температуры. Относительно низкохлорированные ПХДФ конденсируются в последнюю очередь, чем объясняется тот обнаруженный при испытаниях факт, что тетра- и пентахлордифураны преобладают среди ПХДФ в составе выбросов электродуговой печи.

Проведенный в экспериментах анализ выбросов показал более высокие концентрации ПХДД/ПХДФ, когда температура охлаждаемого газа на выходе из системы кондиционирования газа устойчиво превышала 225°С, что является проявлением *de novo* синтеза в системе кондиционирования газа.

В экспериментах по исследованию выбросов электродуговой печи на долю ПХДФ устойчиво приходилось 60-90% концентрации ПХДД/ПХДФ, характеризуемой значением эквивалента токсичности I-TEQ.

В экспериментальных исследованиях выбросов электродуговой печи два соединения, родственные фурану: 2,3,7,8-ТХДФ и 2,3,4,7,8-ТХДФ (ТХДФ – тетрахлордифензофуран) – устойчиво составляли 60-75% концентрации ПХДД/ПХДФ, характеризуемой значением эквивалента токсичности I-TEQ. Эти результаты сопоставимы с данными теоретических расчетов конденсации ПХДД/ПХДФ,

поскольку эти два родственных соединения с понижением температуры газа конденсировались бы в последнюю очередь.

Эти последние открытия указывают на существование преобладающего механизма образования ПХДД/ПХДФ – *de novo* синтеза – в процессе выплавки стали в электродуговой печи. Представляется вероятным, что разброс значений концентрации ПХДД/ПХДФ, характерный для исследуемого процесса, объясняется колебаниями условий в печи в результате изменений режима от плавки к плавке и от установки к установке, переменными условиями в системе кондиционирования и очистки газа и различиями в эффективности улавливания загрязнителей рукавными фильтрами.

Для электроиндукционной печи требуется загрузка более чистого лома, чем выдерживают электродуговые печи, и плавка загрузки идет с использованием магнитных полей. Хотя имеются некоторые сходства с электродуговыми печами, как ожидается, образование диоксинов и фуранов в таких установках будет значительно меньше, чем в электродуговых печах.

Что касается эмиссий из купольных печей, применяемых для литья железных и стальных форм, в представлении Германии в Европейский реестр эмиссий диоксинов, стадия II (*The European Dioxin Emission Inventory Stage II*; Quass, Fermann and Bröker 2000) просуммированы результаты исследования по сбору данных о расположенных в Германии 25 купольных печах с холодной продувкой. Купольные печи с холодной продувкой (называемые также купольные печи с холодным воздухом или холодным потоком) были определены в публикации UNEP 2003b как имеющие более высокий потенциал для значительных эмиссий, чем другие конструкции.

«Едва ли имеются данные для литейных печей: испытания, проведенные в Германии (SCEP 1994), показали, что купольные печи с горячим воздухом и индукционные печи, снабженные тканевыми фильтрами, имеют более низкие эмиссии в атмосферу, и следует использовать фактор эмиссии 0,03 мг ТЕQ/т продукта. Купольные печи с холодным воздухом показали более высокую эмиссию, и используется фактор эмиссии 1 мг ТЕQ/т для тканевых фильтров.

Ограниченные испытания на ротационных барабанных печах показали опять более высокие уровни, и применяется фактор эмиссии 4,3 мг ТЕQ/т для установок с тканевыми фильтрами для очистки газа. При использовании купольных печей с холодным воздухом или ротационных барабанных печей, которые не имеют тканевых фильтров или их эквивалента для очистки газов, должен использоваться более высокий фактор эмиссии: 10 мг ТЕQ/т. Если используется лом плохого качества (высокое загрязнение) или плохо контролируемые печи с очисткой газа, отличной от эффективных тканевых фильтров, это должно быть отмечено.»

Более недавняя работа, представленная в Quass, Fermann and Bröker, 2000, фокусировалась на хорошо контролируемых купольных печах с холодной продувкой, производящих железо для формовки и снабженных тканевыми фильтрами для контроля эмиссий частиц. Это исследование показывает, что полученный разброс для 18 проб эмиссий был от 0,003 до 0,184 нг I-ТЕQ/нм<sup>3</sup>, и что средние значения для трех испытаний на четырех из шести протестированных печах были ниже 0,1 нг I-ТЕQ/нм<sup>3</sup> (предельная величина эмиссии для установок сжигания муниципальных отходов). Был также сделан вывод, что “для всех изученных печей найденная средняя величина фактора эмиссии достигала 0,35 мг I-ТЕQ/т выплавленного железа для печей, максимальная величина которого достигала 1,45 мг I-ТЕQ/т.” Выводы, сделанные в этой главе авторами Quass, Fermann and Bröker, 2000, были следующие:

“Рассматривая концентрации, обнаруженные в отходящих газах, купольные печи с холодной продувкой, используемые для литья железа и стали, не могут рассматриваться в качестве важных источников диоксинов и фуранов из-за общих количеств выделяющихся ПХДД и ПХДФ. Таким образом, результаты измерений согласуются немногочисленными известными данными, которые имелись до начала исследования.

Однако необходимо заметить, что эмиссии для земли Северный Рейн-Вестфалия были экстраполированы только при наличии 6-и печей. Нельзя с уверенностью сказать, что эти печи являются представительной выборкой для купольных печей с холодной продувкой, которые эксплуатируются в Германии. В этом проекте было обнаружено, что одна печь имела концентрации ПХДД и ПХДФ в собираемой на фильтре пыли до примерно 12 мкг I-ТЕQ/кг. Это значительно выше, чем на тех предприятиях, где измерялись эмиссии (самая высокая концентрация в отфильтрованной пыли на этих заводах была 0,4 мкг I-ТЕQ). В дополнение, стала очевидной высокая временная флуктуация концентраций ПХДД и ПХДФ в собранной на фильтре пыли. Следовательно, несмотря на указание на позитивную корреляцию между концентрациями в пыли, собранной на фильтрах, и концентрациями в отходящих газах –полученную на основании результатов измерений, не позволено предполагать, что эта корреляция может быть экстраполирована на печи с более высокими концентрациями в собранной на фильтрах пыли. Для выяснения данного вопроса необходима дальнейшая программа, которая, например, позволит произвести измерения концентраций ПХДД и ПХДФ в собранной на фильтре печи пыли в течение более продолжительного периода времени.

На основании наблюдаемой взаимозависимости эмиссий ПХДД и ПХДФ и количеств формового лома и используемого восстановленного материала можно заключить, что загрязнители, прилипшие к лому (остатки краски, масел и т.п.) имеют влияние на эмиссии. Для уменьшения концентраций диоксида имеет смысл снизить количество формового лома; однако, это значительно снизило бы эффективность затрат литейного производства. Возникает вопрос, действительно ли некоторые загрязнители на формовом ломе играют главную роль в образовании и эмиссии ПХДД и ПХДФ. Если это так, то потребуются селективное удаление из загрязненного исходного материала.»

## **2.2. Исследование ПХДД/ПХДФ на действующих электродуговых печах**

Большинство исследований по образованию и улавливанию ПХДД/ПХДФ выполнено на электродуговых печах в Европе. Первые исследования в этой области проведены в начале 1990-х годов германской фирмой Badische Stahlwerke GmbH (BSW) в г. Кель-на-Рейне (Weiss and Karcher, 1996). Другие европейские металлургические компании следовали примеру BSW под давлением нормативных актов национальных агентств по охране окружающей среды.

Ниже приводится краткое изложение результатов исследований выбросов электродуговых печей в эксплуатационных условиях:

Программа исследований BSW подтвердила, что высокая концентрация углеводородов в стальном ломе существенно повышает выброс летучих органических соединений и ПХДД/ПХДФ.

По данным исследования выбросов компаниями BSW, ProfilARBED, Differdange и Gerdau Ameristeel Cambridge, повышенная концентрация ПХДД/ПХДФ в выбросах наблюдается при устойчивом превышении температуры 225°C на выходе из системы кондиционирования охлаждаемого газа, что указывает на наличие процесса *de novo* синтеза в системе кондиционирования газа.

В экспериментальном исследовании выбросов электродуговой печи в Канаде на долю ПХДФ устойчиво приходилось 60-90% концентрации ПХДД/ПХДФ, характеризуемой значением эквивалента токсичности I-ТЕQ. Аналогичные результаты опубликованы по данным экспериментальных исследований выбросов электродуговых печей в Европе.

Два соединения, родственные ПХДФ: 2,3,7,8-ТХДФ и 2,3,4,7,8-ТХДФ – устойчиво составляли 60-75% концентрации ПХДД/ПХДФ, характеризуемой значением эквивалента токсичности I-ТЕQ, в экспериментальных исследованиях выбросов электродуговой печи в Канаде. Аналогичные результаты опубликованы по данным экспериментальных исследований выбросов электродуговых печей в Европе. Эти результаты сопоставимы с данными теоретических расчетов конденсации



ПХДД/ПХДФ, поскольку эти два родственных соединения с понижением температуры газа конденсировались бы в последнюю очередь.

Распределения концентрации родственных соединений, характеризуемой значением эквивалента токсичности I-TEQ, в экспериментальных исследованиях выбросов электродуговой печи в Канаде оказались схожими между собой независимо от суммарных I-TEQ-концентраций ПХДД/ПХДФ.

Результаты исследований показали, что *de novo* синтез представляет собой доминирующий механизм образования ПХДД/ПХДФ в процессе выплавки стали электродуговыми печами.

По-видимому, колебания характерных параметров выброса ПХДД/ПХДФ в процессе выплавки стали электродуговыми печами объясняются колебаниями состава загружаемого лома, переменными условиями в печи, изменяющимися от плавки к плавке и от установки к установке, переменными условиями в системе кондиционирования и очистки газа и различиями в эффективности улавливания пыли рукавными фильтрами. Относительную важность этих факторов оценить трудно ввиду скудности опубликованной информации.

Отчет, подготовленный правительством Японии, представляет результаты исследования в отношении выполнения мер, указанных в настоящих руководящих принципах, для снижения эмиссии ПХДД/ПХДФ и копланарных полихлорированных бифенилов при использовании для производства стали электродуговых печей; исследование охватывает 18 предприятий из 38 входящих в ассоциацию производителей стали в Японии. Концентрация выбросов была снижена на 80-87,2% на предприятиях, где была внедрена только одна из мер, в то время как на предприятиях, внедривших две меры и более, снижение достигало 96%. В среднем концентрация выбросов была снижена на 84% по сравнению с предприятиями, не внедрившими ни одной из мер. Средняя концентрация составляла 0,42 нг I-TEQ/нм<sup>3</sup>. Два предприятия (10% от всех предприятий, охваченных исследованием) добились получения величины достижимого эксплуатационного уровня, который был ниже 0,1 нг I-TEQ/нм<sup>3</sup> (Government of Japan 2006).

### **2.2.1 Обзор химических процессов горения электрической дуги и образования ПХДД/ПХДФ**

Взаимосвязь между химическими процессами горения в электродуговой печи и образованием ПХДД/ПХДФ в печи можно резюмировать следующим образом:

Исходными веществами для образования ПХДД/ПХДФ могут быть родственные соединения, например такие, как ПХБ, хлорированные фенолы и хлорированные бензолы.

Условия среды в сталеплавильной электродуговой печи чрезвычайно сложны и постоянно меняются. Химия горения создает условия, благоприятствующие образованию ПХДД/ПХДФ. Углеводороды, вводимые в печь с металлоломом, подвергаются испарению, расщеплению, частичному или полному сгоранию в зависимости от условий в печи или ее частях во время или после загрузки. Другими источниками углерода являются вводимый углерод и графитовые электроды. Противоположные процессы образования ПХДД/ПХДФ и дехлорирования могут происходить одновременно, если концентрация кислорода и температура допускают образование некоторых соединений, родственных ПХДД или ПХДФ, в то время как другие родственные соединения подвергаются дехлорированию.

Исследования по оптимизации режима внутреннего дожига показывают, что при нормальном режиме эксплуатации печи в отдельных ее частях на стадии расплавления стали и, возможно, в течение некоторого последующего периода существуют условия, благоприятные для образования ПХДД/ПХДФ – богатая кислородом атмосфера, химически активные частицы углерода и температуры ниже 800 °С. При наличии металлов, играющих роль катализаторов, и следовых количеств хлора в загружаемом сырье и флюсах возникают условия для *de novo* синтеза. Поскольку условия смешения не являются идеальными, часть образующихся ПХДД/ПХДФ, по

всей вероятности, уйдет из электродуговой печи с отходящими газами, минуя зону достаточно высоких температур, где было бы возможно дехлорирование.

Большинство исследований по химии горения и внутреннего дожигания в сталеплавильных электродуговых печах ставило целью повышение производительности за счет использования химической энергии горючих материалов в печи (например, углеводородов, монооксида углерода и водорода) для уменьшения расхода электроэнергии и общих энергозатрат с соответствующим снижением удельных затрат производства на тонну продукции.

Предварительный нагрев лома может повлечь увеличение выбросов хлорированных ароматических соединений, например ПХДД/ПХДФ, хлорбензолов, ПХД, а также полициклических ароматических углеводородов и других продуктов неполного сгорания из лома, загрязненного красками, пластмассами, смазочными материалами и другими органическими соединениями. Образование этих загрязнителей можно свести к минимуму внутренним дожиганием в печи (в отличие от наружного дожигания отходящих газов) дополнительными кислородными горелками, разработанными для сжигания монооксида углерода и углеводородов с регенерацией химической энергии. Было выдвинуто предположение, что предварительный нагрев лома повышает содержание органической составляющей в отходящих газах, а также, возможно, образование хлорированных соединений. То, что происходит с эмиссиями, зависит от общего баланса тепла и энергии системы отходящих газов. В случае Овасо, предварительный нагрев лома снижает эмиссию ПХДД/ПХДФ (и, наиболее вероятно, повышает эмиссию легких органических соединений), благодаря тому факту, что предварительный нагрев лома действует как эффективный охладитель газа: низкая температура газа на фильтре означает, что тяжелые органические соединения отделяются от пыли.

Есть основания полагать, что выбор внутреннего дожигания дает больше преимуществ по сравнению с наружным дожиганием с точки зрения предотвращения образования ПХДД/ПХДФ.

### **2.3. Сброс ПХДД/ПХДФ с твердыми отходами и в сточные воды**

Во всем мире на большинстве металлургических заводов эксплуатируют электродуговые печи с системами сухой очистки отходящих газов, основанными на использовании пылеуловителей с тканевыми фильтрами и не порождающими технологических стоков, которые требовали бы очистки.

Некоторые существующие электродуговые печи могут быть оборудованы «полумокрыми» системами газоочистки (European Commission, 2000). В полумокрых системах отходящие газы печи орошаются водой для частичного охлаждения и кондиционирования перед их очисткой от твердых частиц в электростатическом фильтре. Регулируя количества подаваемой воды и воды, испаряющейся в процессе кондиционирования газов, можно достичь нулевого объема стока от печи с полумокрой системой очистки отходящих газов. Преобладающим источником воды в стоках является охлаждающая вода, не входящая в контакт с газами. Однако на некоторых установках возможно использование очищенной воды от технологического процесса и технической воды, подаваемой для удовлетворения других нужд установки (Управление по охране окружающей среды США - EPA 2002).

Стандарты некоторых ведомств определяют нулевой сток как наилучший имеющийся метод эксплуатации полусухих систем газоочистки.

В отдельных странах Европейского Союза для очистки отходящих газов от электродуговых печей на некоторых металлургических заводах применяют мокрые скрубберы. Однако информация о количестве сточных вод и методах ее очистки на этих предприятиях отсутствует (European Commission, 2000). По этой причине какие-либо выводы о наилучшей имеющейся технологии очистки и минимизации загрязнения сточных вод выбросами ПХДД/ПХДФ от систем мокрой очистки отходящих газов сделать невозможно.

Остатки процессов очистки отходящих газов (пыль, улавливаемая системой сухой очистки) могут содержать следовые количества ПХДД/ПХДФ.

### **3. Усовершенствования существующего процесса и альтернативные процессы выплавки стали в электродуговых печах**

#### **3.1. Усовершенствования технологического процесса**

В течение последних десятилетий процесс выплавки стали в электродуговых печах подвергся изменениям. Научно-исследовательская и опытно-конструкторская работа по выплавке стали в электродуговых печах, особенно в Европе, сосредоточена на совершенствовании конструкции печи с целью повышения ее производительности и энергетической эффективности с одновременным снижением стоимости производства стали.

Два главных стимула этих работ – снижение стоимости производства стали (например, за счет роста производительности) и повышение качества продукции (например, для удовлетворения требований автотракторной промышленности). К этому следует добавить влияние экологических факторов. Повышение производительности достигается за счет сокращения продолжительности цикла плавки, повышения энергетической эффективности и более широким использованием химической энергии.

Повышение качества продукции обеспечивается правильным выбором металлолома и надлежащего технологического режима печи и широким внедрением вспомогательных процессов ковшевой выплавки и вакуумной дегазации. Влияние экологических факторов отображают требования ограничения выбросов ПХДД/ПХДФ и снижение концентрации веществ, ответственных за смогообразование (например, тонкодисперсные примеси). Альтернативой для производителей стали является применение высококачественного лома с низким содержанием загрязнителей (William Lemmon and Associates Ltd., 2004).

Второй альтернативой является замена части загружаемого лома железом прямого восстановления или подобными материалами, получаемыми из железной руды и содержащими загрязнители в более низких концентрациях по сравнению с низкокачественным стальным ломом. Объем производства товарного железа прямого восстановления растет вместе с ростом международного рынка этого продукта, а его доступность может повлечь переориентацию производителей стали, выплавляемой в электродуговых печах, на закупку железа прямого восстановления взамен использования металлолома местного происхождения. Имеется мало опубликованной информации о выбросах ПХДД/ПХДФ от процесса выплавки стали из железа прямого восстановления, но известные характеристики этого процесса позволяют заключить, что эти выбросы весьма малы. Опубликованная информация относительно образования и выбросов ПХДД/ПХДФ при использовании железа прямого восстановления для производства стали в электродуговых печах пока отсутствует.

Третьей альтернативой в производстве стали, выплавляемой в электродуговых печах, является переработка горячего металла. Прогнозируется расширение сферы применения этого метода, поскольку производители стали стремятся сократить продолжительность цикла плавки и повысить производительность имеющегося оборудования (Fruehan, 1998). Информация о влиянии данного метода на выбросы ПХДД/ПХДФ отсутствует. Предварительный подогрев части лома позволяет сэкономить приблизительно 60 кВт·ч/т; при подогреве всего загружаемого лома экономия энергии достигает 100 кВт·ч/т жидкой стали. Возможность применения метода предварительного подогрева лома зависит от местных условий и должна быть подтверждена сравнительным анализом данных по сопоставимым заводам или установкам.

Усовершенствование процесса выплавки стали в электродуговых печах часто приносит дополнительную выгоду, в частности благодаря снижению выбросов твердых частиц и ПХДД/ПХДФ, а не только за счет предварительного подогрева лома, о чем говорилось выше. Как правило, целью внедрения нового технологического режима является повышение эксплуатационной и энергетической эффективности, производительности труда, объема производства и снижение эксплуатационных затрат.

### **3.2. Альтернативные процессы**

Нет альтернативной технологии, которая могла бы заменить электродуговые печи на высокопроизводительных сталеплавильных заводах. В прошлом на некоторых печах применялись электроды из других материалов, но в настоящее время альтернатива графитовым электродам также отсутствует.

## **4. Основные и дополнительные меры**

В настоящем разделе рассмотрены основные и дополнительные меры по снижению выбросов ПХДД/ПХДФ от электродуговых печей. Большая часть этого материала заимствована из публикаций компании William Lemmon and Associates Ltd., 2004. Некоторые из этих мер также применимы к купольным и электроиндукционным печам.

Эффект снижения выбросов, возможного при внедрении одних только основных мер, трудно поддается количественной оценке. Для достижения желаемых уровней выбросов на существующих и новых заводах, по-видимому, необходимо внедрение как основных, так и дополнительных мер.

Конкретное исследование модернизации систем предотвращения и контроля загрязнения на установке по выработке стали на электродуговой печи представлено Finlay and Peng, 2006.

Технические и экономические предпосылки реализации всех или большинства методов предотвращения загрязнения, описанных ниже, существуют на всех предприятиях.

### **4.1. Основные меры по снижению выбросов**

Основные меры (часто называемые методами) предотвращения загрязнения преследуют цель устранения, подавления или минимизации образования ПХДД/ПХДФ или дехлорирования ПХДД/ПХДФ в процессе выплавки стали в электродуговых печах.

Неотъемлемой частью заводской программы предотвращения загрязнения должно быть общее требование применения наилучших имеющихся методов организации охраны окружающей среды, эксплуатации и технического обслуживания для всех операций и аспектов процесса выплавки стали в электродуговых печах.

Ниже дан перечень рекомендуемых основных мер; некоторые из них могут быть применены на всех предприятиях, а некоторые, возможно, потребуют дальнейших исследований.

Составлен перечень приемов, основанных на работе, проведенной на электродуговых печах, и, хотя многие из этих самых принципов, как предполагается, сохраняют свою силу в случае использования индукционных и купольных печей, применение их для этого случая документально не зафиксировано. Однако, тот факт, что большая часть имеющихся результатов испытаний для других типов печей ниже  $0,1 \text{ нг I-TEQ/нм}^3$  показывает, что сочетание этих мер и дополнительных мер, перечисленных ниже, должно давать эффект ограничения эмиссий.

#### **4.1.1. Качество сырьевого материала**

Главным видом сырья для выплавки стали в электродуговых печах служит стальной лом. В ломе часто присутствуют такие загрязнители, как масла, пластмассы и другие углеводороды. Методы

предотвращения загрязнения окружающей среды путем предотвращения или минимизации ввода загрязнителей в сталеплавильную электродуговую печь предусматривают изменение технических условий на материалы, повышение эффективности программ контроля качества, изменения типа сырьевых материалов (например, с отбраковкой или обезжириванием замасленного лома) и внедрение программ по предотвращению ввода загрязнителей.

#### **4.1.2. Эксплуатация электродуговых печей**

Недавние изменения технологического режима, введенные для повышения эксплуатационной и энергетической эффективности электродуговых печей, по-видимому, имеют и другие благоприятные последствия, уменьшая образование ПХДД/ПХДФ, а при определенных условиях обеспечивая также дехлорирование этих соединений. К методам предотвращения загрязнения, уменьшающим выбросы ПХДД/ПХДФ, относятся минимизация времени раскрытия свода печи для загрузки шихты, ограничение инфильтрации воздуха в печь и устранение или минимизация технологических простоев. Интенсивность конденсации ПХДД/ПХДФ быстро возрастает при температурах ниже 125 °С, причем в первую очередь конденсируются высокохлорированные диоксины.

#### **4.1.3. Проектирование системы кондиционирования отходящих газов**

Кондиционирование отходящих газов охватывает операции их сбора, охлаждения и отвода по системе газоходов, предшествующие их очистке в рукавном пылеуловителе. Система кондиционирования отходящих газов может инициировать процесс de novo синтеза ПХДД/ПХДФ, если не будут приняты меры для устранения условий такого синтеза. Методы предотвращения загрязнения окружающей среды включают в себя надлежащий расчет пропускной способности системы, обеспечение эффективного смешения отходящих газов, их быстрое охлаждение до температур ниже 200 °С, разработку и внедрение благоприятного режима эксплуатации и технического обслуживания.

#### **4.1.4. Непрерывный мониторинг параметров системы**

Для минимизации образования ПХДД /ПХДФ в процессах de novo синтеза в системе кондиционирования газов необходим непрерывный мониторинг соответствующих параметров и их оптимизация для этой системы с документацией процедур эксплуатации и технического обслуживания.

### **4.2. Дополнительные меры по ограничению выбросов**

Дополнительные меры, часто описываемые как методы борьбы с загрязнением среды, можно резюмировать следующим образом:

#### **4.2.1. Обеспыливание отходящих газов**

Перехват всех отходящих газов из зоны электродуговых печей, включая неорганизованные выбросы, является одной из важнейших функций систем борьбы с загрязнением среды. Эффективность улавливания пыли из первичных и вторичных выбросов печи необходимо всемерно повышать применением комбинированной системы газоотвода с газоходами и вентиляционными укрытиями источников дымогазовыделений, или системы с газоходами и укрытием камеры загрузки шихты, или общеветражной вентиляции здания.

#### **4.2.2. Пылеуловители с тканевыми (рукавными) фильтрами**

Некоторые компоненты ПХДД/ПХДФ в отходящих газах электродуговых печей адсорбируются на тонкодисперсном веществе. При падении температуры газа ниже точки конденсации различных соединений, родственных ПХДД/ПХДФ, большинство компонентов ПХДД/ПХДФ адсорбируются на тонкодисперсном веществе либо конденсируются с образованием тонкодисперсного вещества. Эффективность улавливания пыли правильно спроектированными тканевыми фильтрами

характеризуется содержанием пыли в очищенных газах менее  $5 \text{ мг/м}^3$  на новых заводах и менее  $15 \text{ мг/м}^3$  – на существующих заводах. Минимизация уровней концентрации пыли сводит к минимуму также выбросы ПХДД/ПХДФ.

#### **4.2.3. Система наружного дожигания в сочетании с резким водяным охлаждением**

Этот метод с давних пор применялся для борьбы с выбросами ПХДД/ПХДФ из сталеплавильных электродуговых печей. Системы наружного дожигания были первоначально разработаны для сжигания монооксида углерода (СО) и водорода ( $\text{H}_2$ ) отходящих газов печи в камере сжигания с огнеупорной футеровкой, обычно с использованием дополнительного топлива. Позднее на многих европейских сталеплавильных заводах с электродуговыми печами была внедрена технология дехлорирования выбросов ПХДД/ПХДФ дожиганием при температурах выше  $800 \text{ }^\circ\text{C}$ . Этот метод борьбы с вредными выбросами не обеспечивает устойчивого соблюдения предельно допустимой концентрации токсичных загрязнений  $100 \text{ пг TEQ/м}^3$  ( $0,1 \text{ нг TEQ/м}^3$ ), предписанной канадским стандартом. На некоторых заводах применение наружного дожигания и конструктивных усовершенствований систем кондиционирования газа может оказаться неосуществимым из-за отсутствия места для размещения нового оборудования. Для некоторых печей внутренний дожиг в печи может быть эффективным, чтобы помочь предотвращению эмиссий ПХДД/ПХДФ.

#### **4.2.4. Вдувание адсорбента**

Первоначально этот метод был разработан в целях борьбы с выбросами ПХДД/ПХДФ от мусоросжигательных установок. Технология вдувания буроугольного кокса (адсорбент, аналогичный активированному углю) применяется на ряде европейских сталеплавильных заводов с электродуговыми печами в сочетании с технологией очистки газа тканевыми пылеуловителями для достижения устойчиво низких концентраций ПХДД/ПХДФ в выбросах. Этот метод снижает также выбросы ртути. Согласно опубликованным данным экспериментов по контролю выбросов на европейских сталеплавильных заводах с электродуговыми печами, метод вдувания адсорбента в сочетании с высокоэффективным тканевым пылеуловителем позволяет снизить концентрацию ПХДД/ПХДФ в выбросах до менее чем  $0,1 \text{ нг TEQ/м}^3$ .

Сортированный по крупности кокс вдувается в поток отходящих газов за пылеуловителем. Кокс (либо активированный уголь) адсорбирует ПХДД/ПХДФ в отходящих газах. Для оптимального удаления ПХДД/ПХДФ важное значение имеют хорошее смешение кокса с отходящими газами и надлежащий гранулометрический состав вдуваемой фракции кокса (размер частиц кокса должен быть близок к размеру частиц пыли в газовом потоке).

Используемая фракция буроугольного кокса и активированный уголь не освобождают адсорбированные ПХДД/ПХДФ при нормальных температурах хранения и захоронения; эти вещества стойки также против выщелачивания. Применение буроугольного кокса в качестве адсорбента увеличивает на 2% объем пыли, задерживаемой пылеуловителем.

В каждом отдельном случае необходимо рассмотреть возможность и целесообразность применения систем вдувания активированного угля или сортированного по крупности кокса для снижения выбросов ПХДД/ПХДФ на сталеплавильном заводе. Решение о применении этого метода может зависеть от специфики объекта (например, отсутствие свободного пространства), конфигурации существующих систем контроля выбросов и экономических соображений.

### **4.3. Основные и дополнительные меры по контролю сброса твердых отходов и сточных вод**

Представленные в этом подразделе меры обычно применимы к электродуговым, электроиндукционным и купольным печам.

Твердые отходы производства стали – шлак электродуговых печей и пыль, уловленная фильтрами, – подлежат утилизации в максимально возможной мере. В производстве высоколегированных

сталей пыль из фильтров может подвергаться переработке для извлечения ценных металлов. Прочие твердые отходы пойдут на захоронение экологически чистым способом.

Компания Ovaso отметила, что в большинстве промышленно развитых стран захоронение пыли от электродуговой печи более не разрешено. Стандартный метод – это извлечение представляющих ценность металлов с помощью отдельного процесса или процессов переработки вне сталелитейного предприятия. Если в качестве сырья используется лом нержавеющей стали, извлекают хром, никель, цинк и свинец, а иначе (для большей части пыли) отделяются только цинк и свинец. Измеренное на Ovaso содержание диоксина составляет около 1,300 пг I-TEQ/г, что составляет 96% общего количества, образованного в ходе процессов в этой компании. Следовательно, пыль из электродуговой печи может быть значительным резервуаром ПХДД/ПХДФ, и с ней необходимо обращаться надлежащим образом как с отходом, имея в виду ее локализацию и удаление.

Что касается сточных вод, то они отсутствуют в системах водяного охлаждения замкнутого контура, обслуживающих компоненты электродуговой печи, либо их объем сводят к минимуму, направляя на рециркуляцию преобладающую часть охлаждающей воды.

На некоторых заводах могут быть применены полусухие системы очистки выбросов. Желательным оптимальным решением следует считать выбор сухих пылеуловителей, но и полусухие системы могут быть запроектированы с нулевым балансом сточных вод.

Промышленные объекты с электродуговыми печами могут быть источниками сточных вод при эксплуатации систем газоочистки с орошаемыми скрубберами. Было бы желательно заменить существующие системы сухими пылеуловителями. Если замена существующих систем контроля выбросов неосуществима, сточные воды необходимо подвергать очистке. Однако стандарты качества очищенных сточных вод с указанием допустимых уровней концентрации ПХДД/ПХДФ на выходе очистных сооружений отсутствуют.

## 5. Обзор рекомендуемых мер

В таблицах 13 и 14 дан общий обзор мер, рассмотренных в предыдущих разделах.

**Таблица 13 Меры, рекомендуемые для реализации на новых электродуговых печах**

Меры	Описание	Соображения	Примечания
На стадии проектирования процесса	Приоритет следует отдавать новейшим, проверенным на практике технологическим решениям, ориентированным на высокую эффективность технологического процесса и контроля загрязняющих выбросов	Пример проектного решения новой электродуговой печи с внутренним дожиганием	
Эксплуатационные требования	Нормативные документы должны предусматривать жесткие эксплуатационные требования и требования к отчетности для электродуговых печей	Следует рассмотреть возможность внедрения основных и дополнительных мер, перечисленных в табл. 14, особенно в отношении размеров вентиляционных систем и применения	Рекомендуются следующие реально достижимые значения предельно допустимых выбросов: < 0,1 нг TEQ/м <sup>3</sup> для

Меры	Описание	Соображения	Примечания
		высокоэффективных тканевых фильтров	атмосферных выбросов ПХДД/ПХДФ

**Таблица 14. Меры, рекомендуемые для реализации на новых и существующих электродуговых печах**

Меры	Описание	Соображения	Примечания
<b>Основные меры</b>			
Общие правила эксплуатации	Программа предупреждения загрязнения окружающей среды промышленного объекта должна включать в себя, как неотъемлемую часть, наилучшие имеющиеся методы охраны окружающей среды, правила эксплуатации и технического обслуживания для всех операций и аспектов процесса выплавки стали в электродуговой печи	Правила должны быть общеприменимыми и составлять часть единой концепции предотвращения загрязнения окружающей среды	
Качество сырья	Рассмотреть возможности выбора сырьевых материалов и выявить альтернативные виды сырья и (или) методы сокращения до минимума потребления нежелательных видов сырья. Разработать и внедрить документированные процедуры внедрения надлежащих изменений.	Правила должны быть общеприменимыми. Рекомендуемые меры включают в себя изменения технических требований к материалам, улучшение программ контроля качества, изменения типов сырья (например, отказ от использования замасленного лома) и программы предотвращения ввода загрязнителей	
Эксплуатация электродуговой печи	Минимизация длительности периода времени, когда свод печи открыт для загрузки шихты; уменьшение инфильтрации воздуха в печь; устранение или минимизация технологических простоев	Дополнительным преимуществом является уменьшение концентрации ПХДД/ПХДФ в выбросах	Уменьшается выброс прочих загрязнителей, включая ароматические органогалогенные соединения, монооксид углерода, углеводороды и газы, создающие



РАЗДЕЛ VI.B. Термические процессы в металлургической промышленности, не упомянутые в Приложении С

Меры	Описание	Соображения	Примечания
			парниковый эффект
Кондиционирование отходящего газа	Проектирование и монтаж системы кондиционирования газа надлежащей производительности на основе оптимальных параметров должны предотвратить или минимизировать образование ПХДД/ПХДФ в этой системе. Разработка и внедрение документированных правил эксплуатации и технического обслуживания будут способствовать оптимизации эксплуатационного режима системы кондиционирования газа.	Снижение интенсивности de novo синтеза в системе кондиционирования газа тесно связано с резким охлаждением отходящих газов печи до температур ниже 225° – 200 °С	
Непрерывный мониторинг параметров	Для обеспечения оптимального режима эксплуатации следует применить систему непрерывного мониторинга параметров (COM) или систему контроля целостности фильтров (BLD). Операторы должны подготовить привязанный к конкретному объекту план мониторинга для системы непрерывного мониторинга параметров и вести журнал, документирующий соответствие плану	Необходимо установить корреляции между значениями параметров и выбросами из дымовых труб (при установившемся режиме). В дальнейшем параметры должны подвергаться непрерывному мониторингу в сопоставлении с оптимальными значениями	При возникновении значительных отклонений может быть задействована аварийная сигнализация и предприняты корректирующие действия
<b>Дополнительные меры</b>			
Описываемые ниже дополнительные меры, способные эффективно уменьшить выбросы ПХДД/ПХДФ, служат иллюстрацией наилучших имеющихся технологий.			
Сбор отходящих газов	Эффективность улавливания пыли из первичных и вторичных выбросов печи необходимо повысить в максимальной мере применением комбинированной системы газоотвода с газоходами и вентиляционными укрытиями источников дымогазовыделений, или системы с газоходами и укрытием камеры загрузки шихты, или общеветряжной вентиляции здания.	Вентиляционные системы в плавильном цехе должны быть надлежащего размера для обеспечения улавливания выбросов в помещении и направления их в систему очистки.	Достижима 98%-ная или более высокая эффективность системы пылеулавливания
Тканевые фильтры	Правильно спроектированные тканевые фильтры существенно уменьшают выбросы пыли.	Существует тесная корреляция между содержанием	Поддержание температуры отходящих газов в

РАЗДЕЛ VI.B. Термические процессы в металлургической промышленности, не упомянутые в Приложении С

Меры	Описание	Соображения	Примечания
	<p>Следует разработать правила эксплуатации и технического обслуживания пылеуловителя с тканевыми фильтрами для повышения и оптимизации эффективности пылеулавливания, включая оптимизацию циклов регенерации тканевых рукавов, улучшение материала тканевых рукавов и правила профилактического обслуживания.</p> <p>Следует предусмотреть непрерывный мониторинг и систему сигнализации температуры отходящих газов на входе в устройство для контроля выбросов в атмосферу.</p> <p>Следует предусмотреть систему обнаружения течей в рукавах фильтра и разработать правила эксплуатации, технического обслуживания и быстрого реагирования на аварийные сигналы системы мониторинга</p>	<p>ПХДД/ПХДФ в уловленной пыли и концентрацией пыли а отходящих газах. При различных температурах дымовых газов ПХДД/ПХДФ будут абсорбироваться и адсорбироваться на пыли, улавливаемой в тканевых фильтрах. Современные рукавные фильтры должного размера, при правильной эксплуатации, обслуживании и контроле способны обеспечивать уровень пылевых выбросов &lt; 5 мг/нм<sup>3</sup>.</p>	<p>рукавном пылеуловителе на уровне ниже 60 °С предотвращает испарение ПХДД/ПХДФ в пылеуловителе и из собранной пыли. Пыль должна утилизироваться с учетом содержащихся в ней загрязнителей.</p> <p>Устройство вентиляционных укрытий в зонах улавливания пыли фильтрами и местах перегрузки пыли резко уменьшает выброс пыли в атмосферу.</p> <p>Использование адекватных по размеру вентиляционных систем при надлежащей эксплуатации снижает уровень воздействия загрязняющих веществ на работников цеха.</p>
<p>Дожигание отходящего газа</p>	<p>Образование ПХДД/ПХДФ можно свести к минимуму дожиганием отходящего газа внутри системы отводящих газоходов или в отдельной камере дожигания.</p> <p>Есть основания полагать, что с точки зрения предотвращения образования ПХДД/ПХДФ внутреннее дожигание может быть предпочтительнее наружного</p>		<p>ПХДД/ПХДФ, образовавшиеся в технологическом процессе, подвергаются реакциям дехлорирования при сжигании отходящего газа дополнительными кислородными горелками.</p> <p>Этот метод в сочетании с резким охлаждением водой применялся в ранних системах ограничения</p>

РАЗДЕЛ VI.B. Термические процессы в металлургической промышленности, не упомянутые в Приложении С

Меры	Описание	Соображения	Примечания
			выбросов ПХДД/ПХДФ из сталеплавильных электродуговых печей
Вдувание адсорбента	По данным о демонстрационных проектах, вдувание активированного угля или иного материала с аналогичными адсорбирующими свойствами в поток уходящих газов перед высокоэффективными тканевыми фильтрами в электродуговых печах европейских сталеплавильных заводов устойчиво обеспечивал низкие уровни концентрации ПХДД/ПХДФ в атмосферных выбросах		
Минимизация образования твердых отходов	Шлак электродуговых печей и пыль, улавливаемая фильтрами, подлежат утилизации в максимально возможной мере. В производстве высоколегированных сталей пыль из фильтров может подвергаться переработке для извлечения ценных металлов. Следует разработать и внедрить правила эффективного управления операциями перемещения и транспортирования пылящих твердых отходов. Неутилизуемые твердые отходы подлежат захоронению экологически чистым способом.		
Минимизация технологических стоков	В системах водяного охлаждения замкнутого контура, обслуживающих компоненты электродуговой печи, сточные воды отсутствуют. Преобладающую часть образующихся стоков следует направлять на рециркуляцию. Остаточные сточные воды подлежат очистке. Возможно проектирование полусухих систем газоочистки с нулевым объемом подлежащих сбросу сточных вод.	Эти меры направлены скорее на общую защиту окружающей среды от загрязнения и не предполагают их специального или исключительного применения для контроля выбросов ПХДД/ПХДФ	Отсутствуют стандарты с указанием допустимых уровней концентрации ПХДД/ПХДФ в воде на выходе очистных сооружений для сточных вод от систем мокрой очистки уходящих газов

Меры	Описание	Соображения	Примечания
	Сточные воды от систем мокрой газоочистки подлежат обработке перед сбросом в окружающую среду		

## 6. Достижимый уровень эксплуатационной эффективности, ассоциируемый с НИМ

Достижимый уровень эксплуатационной эффективности мер по ограничению выбросов ПХДД/ПХДФ от электродуговых печей для выплавки вторичной стали при использовании наилучших имеющихся методов составляет менее 0,1 нг I-TEQ/нм<sup>3</sup> (при рабочих концентрациях кислорода).

### Ссылки на литературу

EPA (United States Environmental Protection Agency). 2002. *Development Document for Final Effluent Limitations Guidelines and Standards for the Iron and Steel Manufacturing Point Source Category*. EPA, Washington, D.C. [epa.gov/waterscience/ironsteel/pdf/tdd/complete.pdf](http://epa.gov/waterscience/ironsteel/pdf/tdd/complete.pdf).

EPRI (Electric Power Research Institute). 1997. *Understanding Electric Arc Furnace Operations*. EPRI, Centre for Materials Production, Palo Alto, California.

European Commission. 2000. *Reference Document on Best Available Techniques for the Production of Iron and Steel*. BAT Reference Document (BREF). European IPPC Bureau, Seville, Spain. [eippcb.jrc.es](http://eippcb.jrc.es).

European Commission. 2001. *Reference Document on Best Available Techniques in the Non-Ferrous Metals Industries*. BAT Reference Document (BREF). European IPPC Bureau, Seville, Spain. [eippcb.jrc.es](http://eippcb.jrc.es).

Finlay, P.G., and Peng, H. 2006, Environment Canada, “*Steelmaking electric arc furnace facility- Upgrade of pollution prevention and control systems: Case Study*” prepared for UNEP Expert Group on BAT/BEP for UPOPs, Draft unpublished presentation made in Geneva, Switzerland, 21 November, 2006

Finlay, P. G., and Smith. K. 2006, Environment Canada, “Implementation of best available techniques and best environmental practices in Canada’s National Action Plan for unintentional Persistent Organic Pollutants”, Draft unpublished presentation made in Kyoto, Japan, 29 September 2006.

Fruehan R.J. (ed.) 1998. *The Making, Shaping and Treating of Steel* 11<sup>th</sup> Edition: *Steelmaking and Refining* Vol. AISE Steel Foundation, Pittsburgh, PA.

Government of Japan. 2006. *Report on the PCDD/PCDF/CO-PCB Reduction Measures for the Steel Manufacturing Electric Arc Furnaces in Japan, and the Consequent Effects*.

Quass U., Fermann M. and Bröker G. 2000. *The European Dioxin Emission Inventory Stage II* Vol. 2: *Desktop Studies and Case Studies*. Report prepared by North Rhine Westphalia State Environment Agency on behalf of European Commission, Directorate General for Environment. [europa.eu.int/comm/environment/dioxin/pdf/stage2/volume\\_2.pdf](http://europa.eu.int/comm/environment/dioxin/pdf/stage2/volume_2.pdf).

UNEP (United Nations Environment Programme). 2003. *Formation of PCCD/PCDF: An Overview*. Draft. UNEP/POPS/EGB.1/INF/5. UNEP Chemicals, Geneva. [www.pops.int/documents/meetings/](http://www.pops.int/documents/meetings/).

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).

РАЗДЕЛ VI.B. Термические процессы в металлургической промышленности, не упомянутые  
в Приложении С

Weiss D. and Karcher A. 1996. *Evaluation and Reduction of Dioxin and Furan Emissions from Thermal Processes: Investigation of the Effect of Electric Arc Furnace Charge Materials and Emission Control Technologies on the Formation of Dioxin and Furan Emissions*. Prepared for BSW.

William Lemmon and Associates Ltd. 2004. *Research on Technical Pollution Prevention Options for Steel Manufacturing Electric Arc Furnaces*. Final Report. Prepared for the Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME), Contract No. 283-2003.

[www.ccme.ca/assets/pdf/df\\_eaf\\_p2\\_ctxt\\_p2\\_strtgy\\_e.pdf](http://www.ccme.ca/assets/pdf/df_eaf_p2_ctxt_p2_strtgy_e.pdf).

## (v) Выплавка первичных благородных металлов

### Резюме

Под выплавкой первичных благородных металлов подразумевается извлечение из рудного сырья и рафинирование никеля, свинца, меди, цинка и кобальта. В большинстве случаев предприятия по выплавке первичных благородных металлов перерабатывают рудные концентраты. Техническое оснащение большинства плавильных печей допускает возможность восполнять подачу рудного концентрата вторичными материалами (например, утилизируемыми отходами).

К методам производства можно отнести пирометаллургические и гидрометаллургические процессы. Принято считать, что химические вещества, перечисленные в Приложении С Стокгольмской конвенции, возникают в результате высокотемпературных пирометаллургических процессов, поэтому гидрометаллургические процессы не рассматриваются в настоящем разделе, посвященном наилучшим имеющимся методам выплавки первичных благородных металлов.

Доступная информация о выбросах ПХДД и ПХДФ из разнообразных источников (например, мусоросжигательных установок, электродуговых сталеплавильных печей, железорудных агломерационных установок) позволяет заключить, что технологические процессы и методы, как и связанное с ними кондиционирование отходящих газов, могут влиять на образование и последующий выброс ПХДД/ПХДФ. Рассматривая предложения о строительстве и вводе в эксплуатацию новых предприятий или внедрении новых технологических процессов выплавки благородных металлов, гидрометаллургические процессы в случаях, когда они технически осуществимы, следует рассматривать как альтернативы пирометаллургическим процессам.

Основные меры включают в себя применение гидрометаллургических процессов, контроль качества первичного сырья и лома для минимизации содержания в перерабатываемом сырье загрязнителей, ответственных за образование ПХДД/ПХДФ, и применение технологии плавки во взвешенном состоянии. К рассмотренным дополнительным мерам относятся высокоэффективная очистка газа и превращение диоксида серы в серную кислоту, эффективный отвод дыма и газа и высокоэффективное пылеулавливание.

Достижимый уровень эксплуатационной эффективности при использовании наилучших имеющихся методов выплавки благородных металлов характеризуется значениями эквивалента токсичности  $< 0,1$  нг ТЕQ/нм<sup>3</sup> (при рабочих концентрациях кислорода).

### 1. Описание технологического процесса

Технологические процессы, используемые для извлечения и рафинирования благородных металлов (никеля, свинца, меди, цинка и кобальта), обычно взаимосвязаны, как показано на рис. 8. Основные технологии извлечения металлов, применяемые в производстве рафинированных металлов, можно классифицировать следующим образом:

1. Пирометаллургические технологии используют теплоту для отделения желаемых металлов от нежелательных материалов. Эти процессы основаны на разделении компонентов по окислительному потенциалу, точке плавления, давлению паров, плотности и смешиваемости в расплавленном состоянии;
2. Гидрометаллургические технологии используют для отделения желаемых металлов от нежелательных материалов различия растворимости и электрохимических свойств компонентов в водных растворах кислот;

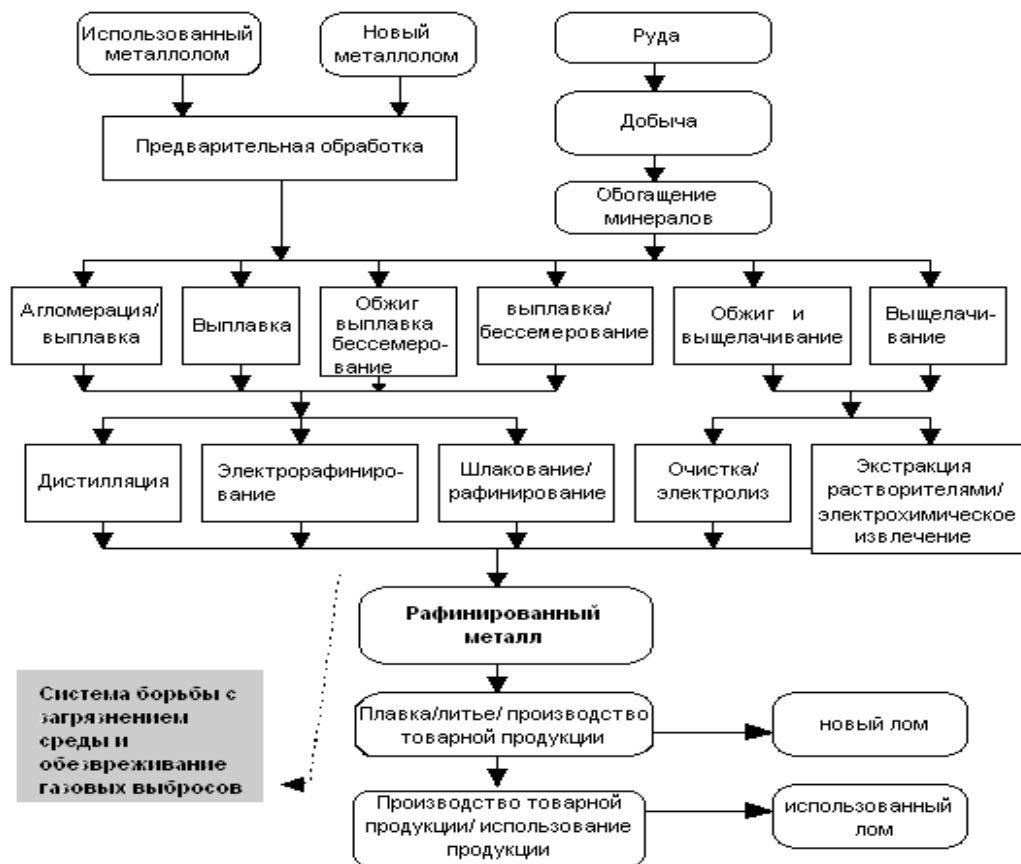
3. Парометаллургические технологии применяют карбонильный процесс Инсо, в котором никелевые сплавы обрабатывают газообразным монооксидом углерода для получения карбонила никеля.

В большинстве случаев предприятия по выплавке первичных неблагородных металлов перерабатывают рудные концентраты. Техническое оснащение большинства плавильных печей допускает возможность восполнять подачу рудного концентрата вторичными материалами (например, утилизируемыми отходами).

На рис. 8 представлена типичная технологическая схема производства первичных неблагородных металлов, иллюстрирующая основные процессы первичной выплавки и рафинирования.

Принято считать, что химические вещества, перечисленные в Приложении С Стокгольмской конвенции, возникают в результате высокотемпературных термических металлургических процессов, поэтому гидromеталлургические процессы не рассматриваются в настоящем разделе, посвященном наилучшим имеющимся методам выплавки первичных неблагородных металлов.

**Рисунок 8. Типичная технологическая схема выплавки и рафинирования первичных неблагородных металлов.**



Извлечение металлов в кустарных мастерских и на малых предприятиях иногда используется в развивающихся странах и странах с переходной экономикой. Эти кустарные процессы могут быть значительными источниками загрязнений и неблагоприятного воздействия на здоровье человека. Известно, что металлы, производимые в кустарных мастерских и на малых предприятиях, включают алюминий, сурьму, медь, золото, железо, свинец, марганец, ртуть, олово, вольфрам, серебро и цинк. При этих работах обычно отсутствует контроль загрязнений, и они могут быть источниками химических веществ, перечисленных в Приложении С.

Хотя работы по кустарному извлечению металлов не рассматриваются в качестве наилучших имеющихся методов или наилучших видов природоохранной деятельности, рекомендуется, как минимум, иметь надлежащую вентиляцию и обеспечить такое обращение с материалами, чтобы минимизировать контакт людей с загрязнителями на этих работах.

## **2. Источники химических веществ, перечисленных в Приложении С Стокгольмской конвенции**

Печи для выплавки первичных неблагородных металлов могут быть источниками химических веществ, перечисленных в Приложении С. Механизмы образования и выброса таких химических



веществ из печей первичной выплавки недостаточно исследованы, и было показано, что в операциях, использующих сходные технологические процессы, выбросы полихлорированных дибензо-*p*-диоксинов (ПХДД) и полихлорированных дибензофуранов (ПХДФ) могут меняться в широких пределах.

## **2.1 Выбросы в атмосферу**

### **2.1.1 Общие сведения о выбросах из печей для выплавки неблагородных металлов**

«Главной экологической проблемой производства большинства цветных металлов из первичных сырьевых материалов является возможный выброс в атмосферу пыли и металлов или соединений металлов и диоксида серы при обжиге и плавлении сульфидных концентратов либо использовании серосодержащих топлив или других материалов. Поэтому улавливание серы и ее преобразование или удаление представляют важный фактор в производстве цветных металлов. Пирометаллургические процессы являются потенциальным источником пыли и металлов в выбросах из печей реакторов и от операций перемещения расплавленного металла» (European Commission, 2001).

### **2.1.2 Выбросы в атмосферу ПХДД/ПХДФ**

«Опубликованные источники дают весьма ограниченную информацию о механизме образования диоксинов и фуранов при выплавке неблагородных металлов на предприятиях цветной металлургии. Она основана главным образом на опыте европейских заводов по выплавке неблагородных металлов из вторичного сырья. В ряде источников содержатся общие утверждения о возможном наличии диоксинов и фуранов в некоторых видах сырья для выплавки вторичных неблагородных металлов и загрязненности многих видов вторичного сырья маслами и органическими примесями. В присутствии масел и других органических материалов на ломе, как и при наличии иных источников углерода (частично выгоревшие топлива и восстановители, например кокс), могут возникать мелкие частицы углерода, способные реагировать с неорганическими хлоридами или органически связанным хлором в диапазоне температур 250-500 °С с образованием диоксинов и фуранов. Этот процесс, получивший название «de novo синтез», катализируется в присутствии таких металлов, как медь или железо. Несмотря на то, что диоксины и фураны разрушаются при высоких температурах (выше 850 °С) в присутствии кислорода, процесс de novo синтеза тем не менее возможен, поскольку газы подвергаются охлаждению» (Charles E. Napier Co. Ltd., 2002).

Имеющаяся информация о выбросах ПХДД и ПХДФ от источников в различных отраслях промышленности (например, от мусоросжигательных установок, сталеплавильных электродуговых печей, железорудных агломерационных установок) позволяет заключить, что технологические процессы и методы плавки, а также связанное с ними кондиционирование отходящих газов, могут влиять на образование и последующий выброс ПХДД/ПХДФ.

Канадские предприятия по выплавке и рафинированию неблагородных металлов осуществили экспериментальные исследования выбросов ПХДД и ПХДФ. Результаты исследований показали, что уровни концентрации этих веществ в выбросах изменялись в зависимости от типа системы кондиционирования отходящих газов.

Плавильные заводы в Канаде в большинстве случаев перерабатывают сульфидные концентраты, а некоторые заводы также и вторичные материалы. Кондиционирование отходящих газов осуществляется в различном объеме, от эффективного обеспыливания с преобразованием диоксида серы в серную кислоту до обеспыливания с применением тканевых или электростатических фильтров. Эти предприятия производят никель, медь, свинец, цинк и сопутствующие металлы. В канадской программе экспериментальных исследований участвовали 11 предприятий; было проведено приблизительно 20 проверок выбросов от 16 различных источников. Не было ни одной пары предприятий с одинаковыми сочетаниями и конфигурацией производственных процессов и

систем кондиционирования отходящих газов, что осложняло всякий возможный анализ. По этой причине нижеприводимые выводы носят общий характер.

При очистке отходящих газов (например, при обеспыливании, промывке в скрубберах) и их обработке на кислотной станции с преобразованием газов, богатых диоксидом серы ( $\text{SO}_2$ ), в серную кислоту проверка выбросов показала концентрации ниже  $5 \text{ пг} (0,005 \text{ нг}) \text{ TEQ}/\text{м}^3$ .<sup>4</sup>

При обеспыливании отходящих газов в рукавном фильтре уровни концентрации, как правило, были в диапазоне от нескольких  $\text{пг TEQ}/\text{м}^3$  до  $< 30 \text{ пг TEQ}/\text{м}^3$ .

При обеспыливании отходящих газов в электростатическом фильтре уровни концентрации были в диапазоне от приблизительно  $30 \text{ пг TEQ}/\text{м}^3$  до приблизительно  $500 \text{ пг TEQ}/\text{м}^3$ .

## 2.2 Сбросы в другие среды

Информация о сбросах химических веществ, генерируемых печами для выплавки первичных неблагородных металлов и перечисленных в Приложении С, в другие среды, кроме воздуха, отсутствует. Однако, они скорее всего будут присутствовать в некоторых жидких фильтрах из мокрых скрубберов, а также в остатках пыли и смывов, собираемых в системах очистки загрязненного воздуха.

## 3. Альтернативные процессы выплавки неблагородных металлов

В соответствии со Стокгольмской конвенцией, при рассмотрении предложений по строительству новой печи для выплавки неблагородных металлов приоритет следует отдавать альтернативным процессам, технологиям или методам, сопоставимым по производительности, но не создающим опасности образования и выброса указанных в этом документе химических веществ.

Как можно видеть из рис. 8, существует широкий спектр процессов, используемых для выплавки первичных неблагородных металлов. Выбор процессов для производства черновых или рафинированных неблагородных металлов из первичных исходных материалов в большой мере зависит от наличной руды или концентрата (например, латеритная руда или сульфидная руда) и целого ряда других соображений (например, свойств желаемого металла или металлов, свойств сырьевых материалов, наличного топлива и источников энергии, производственной мощности предприятия и экономических факторов).

Образование и выброс химических веществ, перечисленных в Приложении С, является результатом высокотемпературных металлургических процессов. В случаях, когда это технически осуществимо, при рассмотрении предложений по реконструкции и вводу в эксплуатацию новых печей или применению новых технологических процессов для выплавки неблагородных металлов следует оценить целесообразность применения гидрометаллургических процессов (например, выщелачивания, электрохимического извлечения) как альтернативы пирометаллургическим процессам (например обжигу, плавке, бессемерованию, огневому рафинированию).

## 4. Основные и дополнительные меры

Имеется недостаточное количество информации о выбросах химических веществ, генерируемых печами для выплавки первичных неблагородных металлов и перечисленных в Приложении С. В частности, отсутствует методика предотвращения или контроля непреднамеренного образования и выброса ПХДД/ПХДФ и других химических веществ, перечисленных в Приложении С, печами для

<sup>4</sup>  $1 \text{ нг} (\text{нанограмм}) = 1 \times 10^{-12} \text{ кг} (1 \times 10^{-9} \text{ г})$ ;  $\text{нм}^3 = \text{нормальный кубический метр, объем сухого газа, измеренный при } 0 \text{ }^\circ\text{C и } 101,3 \text{ кПа}$ .

<sup>5</sup>  $1 \text{ пг} (\text{пикограмм}) = 1 \times 10^{-15} \text{ кг} (1 \times 10^{-12} \text{ г})$ ;  $1 \text{ нг} (\text{нанограмм}) = 1 \times 10^{-12} \text{ кг} (1 \times 10^{-9} \text{ г})$ . Информация по измерению токсичности содержится в Подразделе 3 Раздела I.C настоящих Руководящих принципов.

выплавки первичных неблагородных металлов. Описываемые ниже меры являются мерами общего характера, которых могут дать положительный эффект снижения выбросов загрязнителей, включая ПХДД/ПХДФ, печами для выплавки первичных неблагородных металлов.

Величина снижения выбросов, возможного при внедрении одних только основных мер, трудно поддается оценке. Поэтому рекомендуется рассмотреть возможность внедрения как основных, так и дополнительных мер.

#### **4.1 Основные меры**

Основными мерами считают использование методов предотвращения загрязнения, основанных на минимизации образования и выброса определенных химических веществ, а именно ПХДД, ПХДФ, гексахлорбензола (ГХБ) и полихлорированных бифенилов (ПХБ). Часто эти меры называют мерами оптимизации или интеграции процесса. Предотвращение загрязнений определяется следующим образом: «*Применение технологий, методов, материалов, продуктов или энергии для устранения или минимизации образования загрязнителей и отходов и уменьшения общей угрозы здоровью людей или окружающей среде*» (см. Раздел III.B настоящих Руководящих принципов).

К числу основных мер, способных уменьшить образование и выброс загрязнителей, относятся следующие:

##### **4.1.1 Применение гидрометаллургических процессов**

Возможно более широкое применение гидрометаллургических процессов вместо пирометаллургических является эффективным средством предотвращения выбросов в атмосферу. Электролизные установки замкнутого контура также могут внести вклад в уменьшение загрязнения среды.

##### **4.1.2 Контроль качества исходных материалов (металлолома)**

Для уменьшения образования ПХДД/ПХДФ при неполном сгорании топлива или в результате de novo синтеза следует не допускать присутствия масел, пластмасс и соединений хлора во вторичных сырьевых материалах (металлоломе). Сырьевой материал надлежит классифицировать по составу и возможным загрязнителям. Выбор и сортировка сырья, осуществляемые во избежание добавления материала, загрязненного органическими веществами или веществами-предшественниками образования загрязнителей, может снизить потенциал образования ПХДД/ПХДФ. Правила хранения, обращения и предварительной обработки сырья зависят от его гранулометрического состава и загрязненности.

Надлежит рассмотреть следующие меры (European Commission, 2001, p. 232):

1. Обезжиривание сырья (например, процессы термического удаления покрытий и обезжиривания с последующим дожиганием для разрушения всех органических веществ в отходящем газе);
2. Применение методов измельчения и абразивной обработки сырья с эффективной вытяжкой пыли и уменьшением запыленности окружающего воздушного пространства. Получаемый при этом мелкодисперсный материал может быть переработан для регенерации ценных металлов методами плотностной или пневматической сепарации;
3. Устранение пластмасс удалением изоляции кабелей (например, с применением криогенной техники для придания хрупкости и легкого отделения пластмасс);
4. Эффективное смешение исходного сырья для получения однородного загружаемого материала и стабилизации технологического процесса.

#### 4.1.3 Эффективное управление технологическим процессом

Системы управления технологическим процессом должны обеспечивать стабильность процесса и функционировать в диапазоне параметров, благоприятных для минимизации образования ПХДД/ПХДФ, например поддерживать температуры печи на уровне выше 850 °С для разрушения ПХДД/ПХДФ. В идеальном случае для планирования мер по снижению выбросов ПХДД/ПХДФ требовался бы непрерывный мониторинг этих выбросов. Однако на практике такой мониторинг осуществляется только в отдельных случаях (например, на мусоросжигательных установках), и исследования в этой области еще продолжаются. В отсутствие непрерывного мониторинга ПХДД/ПХДФ обеспечение оптимальных условий эксплуатации для снижения выбросов ПХДД/ПХДФ требует непрерывного мониторинга и стабилизации таких параметров, как температура, время пребывания реагирующих веществ в активной зоне, состав газовых выбросов, а также автоматического управления заслонкой дымоотводящего камина.

#### 4.1.4 Применение технологии плавки во взвешенном состоянии

Выбор наиболее эффективного метода предотвращения загрязнения требует применения технологического процесса с низким энергопотреблением и относительно малыми выбросами в атмосферу. В случае применения пирометаллургических методов предпочтение перед старыми технологиями (например обжигом, плавкой в доменной печи) следует отдать плавке во взвешенном состоянии, существенно снижающей энергопотребление и объем выбросов в атмосферу. При плавке во взвешенном состоянии достигается также высокая концентрация диоксида серы в потоке отходящих газов, что обеспечивает эффективное связывание или возможность регенерации диоксида серы перед выбросом газов в атмосферу.

#### 4.1.5 Максимизация содержания SO<sub>2</sub> с целью связывания серы

Общим требованием при переработке сульфидных руд или концентратов является реализация такого режима технологических процессов, при котором достигается максимальная концентрация SO<sub>2</sub> в отходящих газах. Поэтому важно выбрать процесс, использующий обогащенный кислородом воздух (или чистый кислород) для повышения содержания SO<sub>2</sub> в потоке и уменьшения общего потока технологического газа, что необходимо для эффективного связывания SO<sub>2</sub>.

### 4.2 Дополнительные меры

Дополнительными мерами считают методы или способы борьбы с загрязнением, иногда описываемые как обезвреживание отходов в конце производственного процесса.

К дополнительным мерам, способствующим уменьшению образования и выброса загрязнителей в атмосферу, относятся следующие:

#### 4.2.1 Высокоэффективная газоочистка и преобразование SO<sub>2</sub> в серную кислоту

Для отходящих газов с высоким содержанием SO<sub>2</sub> (5% или выше), образующихся при пирометаллургической переработке сульфидных руд или концентратов, наилучшим имеющимся методом для этого вида сырья следует считать высокоэффективную предварительную очистку отходящих газов с последующим преобразованием SO<sub>2</sub> в серную кислоту. Такое сочетание двух процессов позволяет уменьшить концентрацию выбросов ПХДД/ПХДФ до менее чем 0,005 нг ТЕQ/м<sup>3</sup>.

Наилучшим имеющимся методом преобразования SO<sub>2</sub> в серную кислоту признан процесс получения серной кислоты из SO<sub>2</sub> с двукратным повторением цикла контактного взаимодействия и абсорбционной очистки (DCDA). Выбросы завода, работающего по технологии DCDA, не превышают 0,2 кг SO<sub>2</sub> на тонну получаемой серной кислоты при эффективности преобразования 99,7% (World Bank, 1998).

До подачи в цех по производству серной кислоты отходящие газы плавильных печей с высоким содержанием  $\text{SO}_2$  пропускаются через систему газоочистки (как правило, с высокоэффективным обеспыливающим оборудованием).

Дополнительным преимуществом такого сочетания методов является снижение выбросов пыли и  $\text{SO}_2$ , а не только ПХДД/ПХДФ.

Минимизации выбросов ПХДД/ПХДФ, в принципе, могут способствовать также другие методы связывания серы, которые могут требовать предварительной очистки отходящих газов до химического превращения или регенерации серы. К таким методам относятся (World Bank, 1998):

1. Регенерация жидкого диоксида серы (абсорбция чистого, сухого отходящего газа в воде или химическая абсорбция бисульфитом аммония или диметиланилином);
2. Регенерация элементарной серы с использованием таких восстановителей, как углеводороды, углерод или сероводород. Обычно при использовании этого метода содержание серы в газе все еще выше допустимого. Восстановительные условия также благоприятны для образования диоксинов. Следовательно, после извлечения газ следует дожечь и очистить, используя такой метод, как скрубберный.

#### 4.2.2 Улавливание дыма и газов

Выбросы в атмосферу должны контролироваться на всех стадиях технологического процесса, от погрузочно-разгрузочных операций, плавки и операций в точках массопередачи до контроля выбросов ПХДД/ПХДФ. Герметизированные печи наиболее эффективно ограничивают выбросы летучих веществ, в то же время обеспечивая регенерацию теплоты и сбор отходящих газов для повторного использования в процессе. Правильное конструирование и расчет газовытяжных устройств и газоходов существенно влияют на эффективность улавливания отходящих газов и дыма. Может оказаться необходимым устройство внешней оболочки печи или реактора. Если непосредственный отвод дымо- и газовойделений и устройство вентиляционных укрытий неосуществимы, внешняя оболочка печи должна обеспечить возможность удаления, обработки и выброса вентиляционного воздуха. Организация сбора отходящих газов и дыма на уровне свода металлургических установок нежелательна ввиду высоких энергетических затрат. Применение микропроцессорных устройств управления заслонками газоходов может повысить эффективность улавливания дыма и газов, позволит уменьшить размеры вентиляторов и, следовательно, снизить затраты. Герметизированные загрузочные тележки или скипы, применяемые в отражательных печах, могут значительно уменьшить объем неорганизованных выбросов в атмосферу, локализуя выбросы при загрузке сырья (European Commission, 2001, p. 187-188).

Использование отражательных печей неуклонно снижается из-за трудностей с контролем выбросов и связанных с этим больших затрат. Трудно представить, что в дальнейшем будут строить отражательные печи.

(Личное сообщение, февраль 2006 г.)

#### 4.2.3 Высокоэффективное пылеудаление

В процессе плавки образуются большие количества дисперсного вещества с большой площадью поверхности частиц, способных адсорбировать ПХДД/ПХДФ. Эти пыли и соединения металлов следует удалять для уменьшения выбросов ПХДД/ПХДФ. Прежде чем направлять газы в установку по производству серной кислоты, их следует подвергать предварительной очистке с применением высокоэффективного пылеулавливающего оборудования, например керамических фильтров, высокоэффективных тканевых фильтров или комплекса газоочистных устройств.

При выборе пылеулавливающего оборудования тканевым фильтрам следует отдавать предпочтение перед мокрыми скрубберами, мокрыми электростатическими фильтрами или горячими электростатическими фильтрами. Пыль, собранную пылеулавливающим оборудованием,

следует возвращать в процесс. Возвращаемая или собранная пыль подлежит обработке в высокотемпературных печах для разрушения ПХДД/ПХДФ и регенерации металлов. Уловленная, но не утилизированная пыль подлежит захоронению на безопасном полигоне или ликвидации иным приемлемым способом.

Действующие тканевые фильтры должны находиться под постоянным контролем устройств, обнаруживающих отказ рукавов.

## 5. Новые исследования

Селективное каталитическое восстановление применялось в промышленности как средство борьбы с выбросами оксидов азота (NO<sub>x</sub>) от многих технологических процессов. Показано, что модифицированная технология селективного каталитического восстановления (с расширенной активной зоной) обеспечивает разложение ПХДД и ПХДФ, содержащихся в отходящих газах, по-видимому, в результате реакций каталитического окисления. Эту технологию следует считать перспективной с потенциалом эффективного снижения выбросов стойких органических загрязнителей на предприятиях по выплавке неблагородных металлов и в других отраслях промышленности.

Однако, в зависимости от выбора катализатора каталитическое окисление может подвергнуться загрязнению следами металлов и другими загрязнителями в отходящих газах. Перед использованием процесса необходимо провести проверочную работу.

## 6. Обзор рекомендуемых мер

В таблицах 15 и 16 дан обзор мер, рассмотренных в предыдущих разделах

**Таблица 15. Меры, рекомендуемые для новых предприятий первичной выплавки неблагородных металлов**

Меры	Описание	Соображения	Примечания
Альтернативные процессы	Приоритет должен быть отдан рассмотрению альтернативных процессов, потенциально менее экотоксичных, чем пирометаллургическая выплавка неблагородных металлов	Гидрометаллургические процессы являются эффективным средством предотвращения выбросов.  Было отмечено, что следует учитывать прямое атмосферное выщелачивание сульфидных концентраций (Fe - Zn концентратов) (представитель Финляндии, 2006)	
Технико-эксплуатационные требования	Рекомендуемые к внедрению новые процессы первичной выплавки неблагородных металлов должны удовлетворять жестким эксплуатационным	Необходимо рассмотреть возможность внедрения основных и дополнительных мер, перечисленных в табл. 16	Новые эксплуатационные требования должны учитывать достижимые значения предельно допустимых выбросов ПХДД/ПХДФ, указанные

Меры	Описание	Соображения	Примечания
	требованиям и требованиям к отчетности, предусмотренным наилучшими имеющимися методами		в подразделе 7

**Таблица 16. Основные и дополнительные меры, рекомендуемые для предприятий первичной выплавки неблагородных металлов**

Меры	Описание	Соображения	Примечания
<b>Основные меры</b>			
Применение гидрометаллургических процессов	Широкое применение гидрометаллургических процессов, эффективно предотвращающих выбросы в атмосферу, вместо пирометаллургических процессов. Предотвращению загрязнения среды будет способствовать внедрение электролизных установок замкнутого контура	Применение гидрометаллургических процессов будет в значительной мере зависеть от наличия требуемых руд и концентратов (латеритных или сульфидных). Комбинация гидрометаллургии и пирометаллургии, применяемая сейчас для выплавки никеля и меди, может иметь потенциал и для выплавки цинка (представитель Финляндии 2006)	
Контроль качества сырья (металлолома)	Выбор и сортировка сырья во избежание добавления в шихту материала, загрязненного органическими веществами или веществами-предшественниками, для уменьшения опасности образования ПХДД/ПХДФ	Рассмотреть методы: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Обезжиривание сырья (например, в процессах термического удаления покрытий и обезжиривания с последующим дожиганием для разрушения всех органических веществ в отходящих газах)</li> <li>• Измельчения и абразивной обработки сырья в сочетании с эффективной вытяжкой пыли и уменьшением запыленности окружающего воздушного</li> </ul>	

РАЗДЕЛ VI.B. Термические процессы в металлургической промышленности, не упомянутые в Приложении С

Меры	Описание	Соображения	Примечания
		<p>пространства. Получаемый при этом мелкодисперсный материал может быть переработан для регенерации ценных металлов методами плотностной или пневматической сепарации</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Устранение пластмасс удалением изоляции кабелей (например, с применением криогенной техники для охрупчивания и легкого отделения пластмасс)</li> <li>• Эффективное смешение исходного сырья для получения однородного загружаемого материала и стабилизации технологического процесса – как основной приоритет (представитель Финляндии 2006)</li> </ul>	
<p>Эффективное управление технологическим процессом</p>	<p>Системы управления технологическим процессом должны обеспечивать стабильность процесса и функционировать в диапазоне параметров, благоприятных для минимизации образования ПХДД/ПХДФ. В отсутствие непрерывного мониторинга ПХДД/ПХДФ обеспечение оптимальных условий эксплуатации для снижения выбросов ПХДД/ПХДФ требует непрерывного мониторинга и стабилизации таких параметров, как температура, время пребывания реагирующих веществ в активной зоне, состав газовых выбросов,</p>	<p>Для разрушения ПХДД/ПХДФ температуры печи следует поддерживать на уровне выше 850 °С</p>	



РАЗДЕЛ VI.B. Термические процессы в металлургической промышленности, не упомянутые в Приложении С

Меры	Описание	Соображения	Примечания
	а также автоматического управления заслонкой дымоотводящего камина		
Применение технологии плавки во взвешенном состоянии	При использовании пирометаллургических методов, предпочтение перед старыми технологиями (например обжигом, плавкой в доменной печи) следует отдать плавке во взвешенном состоянии, существенно снижающей энергопотребление и выбросы в атмосферу	При плавке во взвешенном состоянии достигается высокая концентрация SO <sub>2</sub> в потоке отходящих газов, что обеспечивает эффективное связывание или регенерацию SO <sub>2</sub> перед выбросом газов в атмосферу	
Максимизация содержания SO <sub>2</sub> для связывания серы	Общим требованием при переработке сульфидных руд или концентратов является реализация такого режима технологических процессов, при котором достигается максимальная концентрация SO <sub>2</sub> в отходящих газах, необходимая для регенерации или связывания серы. Предпочтение следует отдавать процессам, использующим обогащенный кислородом воздух (или чистый кислород) для повышения содержания SO <sub>2</sub> в потоке и уменьшения общего потока технологического газа		
<b>Дополнительные меры</b>			
Следующие дополнительные меры, способствующие уменьшению образования и выброса ПХДД/ПХДФ в атмосферу, следует считать примерами наилучших имеющихся методов.			
Высокоэффективная газоочистка и преобразование SO <sub>2</sub> в серную кислоту	Для отходящих газов с высоким содержанием SO <sub>2</sub> наилучшим имеющимся методом является высокоэффективная предварительная очистка отходящих газов с последующим	Такое сочетание двух процессов позволяет уменьшить выбросы не только ПХДД/ПХДФ, но также пыли и SO <sub>2</sub>	Концентрация выбросов ПХДД/ПХДФ при высокоэффективной газоочистке и преобразовании SO <sub>2</sub> в серную кислоту снижается до < 0,005 нг ТЕQ/м <sup>3</sup>

РАЗДЕЛ VI.B. Термические процессы в металлургической промышленности, не упомянутые в Приложении С

Меры	Описание	Соображения	Примечания
	преобразованием SO <sub>2</sub> в серную кислоту		
Улавливание дыма и газов	Выбросы в атмосферу должны контролироваться на всех стадиях технологического процесса, от погрузочно-разгрузочных операций, плавки и операций в точках массопередачи до контроля выбросов ПХДД/ПХДФ		
Высокоэффективное пылеудаление	<p>Пыли и соединения металлов следует удалять из газового потока для уменьшения выбросов ПХДД/ПХДФ в атмосферу. Газы, направляемые в установку по производству серной кислоты, подлежат предварительной очистке высокоэффективным пылеулавливающим оборудованием, например, керамическими фильтрами, высокоэффективными тканевыми фильтрами или комплексом газоочистных устройств.</p> <p>Пыль, собранную пылеулавливающим оборудованием, следует возвращать в процесс. Возвращаемая или собранная пыль подлежит обработке в высокотемпературных печах для разрушения ПХДД/ПХДФ и регенерации металлов.</p> <p>Действующие тканевые фильтры должны находиться под постоянным контролем устройств, обнаруживающих отказ рукавов</p>	<p>При выборе пылеулавливающего оборудования тканевым фильтрам следует отдавать предпочтение перед мокрыми скрубберами, мокрыми электростатическими фильтрами или горячими электростатическими фильтрами.</p> <p>Уловленная, но не утилизированная пыль подлежит захоронению на безопасном полигоне или ликвидации иным приемлемым способом</p>	

## 7. Достижимые эксплуатационные уровни, ассоциируемые с НИМ

Эксплуатационные уровни ПХДД/ПХДФ в атмосферных выбросах, связанные с наилучшими имеющимися методами для плавления основных металлов, -  $< 0.1$  нг I-TEQ/нм<sup>3</sup> (при рабочих концентрациях кислорода).

### Ссылки на литературу

Charles E. Napier Co. Ltd. 2002. *Generic Dioxin/Furan Emission Testing Protocol for the Base Metals Smelting Sector*. Prepared for Environment Canada.

European Commission. 2001. *Reference Document on Best Available Techniques in the Non-Ferrous Metals Industries*. BAT Reference Document (BREF). European IPPC Bureau, Seville, Spain. [eippcb.jrc.es](http://eippcb.jrc.es).

World Bank. 1998. *Pollution Prevention and Abatement Handbook 1998: Toward Cleaner Production*. Chapters on copper, nickel, lead and zinc smelting. [www-wds.worldbank.org/servlet/WDS\\_IBank\\_Servlet?pcont=details&eid=000094946\\_](http://www-wds.worldbank.org/servlet/WDS_IBank_Servlet?pcont=details&eid=000094946_)

### Другие источники

Gunson A.J. and Jian Y. 2001. *Artisanal Mining in The People's Republic of China*. Mining, Minerals and Sustainable Development (MMSD), International Institute for Environment and Development (IIED), September 2001.

UNEP (United Nations Environment Programme). UNEP News Centre. [www.unep.org/Documents.Multilingual/Default.asp?DocumentID=284&ArticleID=3204&l=en](http://www.unep.org/Documents.Multilingual/Default.asp?DocumentID=284&ArticleID=3204&l=en), as read on 20 January 2006.

Xinbin F., Guangle Q., Guanghui L., Ping L. and Shaofeng W. 2005. "Mercury Emissions from Artisanal Zinc and Mercury Smelting in Guizhou, PR China." *Goldschmidt Conference Abstracts 2005: The Geochemistry of Mercury* p. A705.

Xinbin F., Xianwu B., Guangle Q., Guanghui L. and Shunlin T. *Mercury Pollution in Guizhou, China: A Status Report*. [pbc.eastwestcenter.org/abstracts2005/abstract2005fengxinbin.htm](http://pbc.eastwestcenter.org/abstracts2005/abstract2005fengxinbin.htm), as read on 29 December 2005.

## **Раздел VI**

### **Указания и руководящие принципы по категориям источников:**

#### **Категории источников в Части III Приложения С**

#### **Категория источников (с): Бытовые источники продуктов сгорания**

## Содержание

VI.C	Бытовые источники продуктов сгорания.....	3
1.	Выбросы химических веществ, перечисленных в Приложении С Стокгольмской конвенции, и другие выбросы при жилищно-бытовом сжигании.....	4
1.1	Отопление жилищ и приготовление пищи с использованием разного топлива.....	4
1.2	Выбросы при сжигании смесей и загрязненного топлива.....	6
2.	Наилучшие имеющиеся методы.....	8
2.1	Виды топлива и типы устройств: общие принципы.....	9
2.2	Устройства для приготовления пищи и обогрева.....	9
3.	Наилучшие виды природоохранной деятельности.....	9
3.1	Устройства для сжигания и возможные проблемы.....	9
3.2	Вентиляция.....	10
3.3	Инспектирование и техническое обслуживание.....	11
3.4	Правильное использование устройств и топлива.....	12
3.5	Программы образования, информирования и обучения.....	13
3.6	Организация работы устройств для сжигания в жилых помещениях.....	13
3.7	Управление выбросами в другие среды.....	14
4.	Эффективное применение наилучших имеющихся методов и наилучших видов природоохранной деятельности.....	14
	Ссылки на литературу.....	16
	Другие источники.....	16

## Таблицы

Таблица 1.	Факторы эмиссии ПХДД/ПХДФ при сжигании ископаемого топлива.....	5
Таблица 2.	Факторы эмиссии ПХДД/ПХДФ и ПХБ при сжигании топлива в жилищах.....	6
Таблица 3.	Факторы эмиссии ПХДД/ПХДФ и ПХБ для разных видов топлива.....	6
Таблица 4.	Сравнительные факторы эмиссии ПХДД/ПХДФ при сжигании чистой и загрязненной древесины.....	7
Таблица 5.	Устройства для сжигания и возможные проблемы.....	9
Таблица 6.	Графики инспектирования и технического обслуживания.....	11
Таблица 7.	Связь факторов эмиссии ПХДД/ПХДФ с содержанием ПВХ в сжигаемом материале.....	13
Таблица 8.	Вероятные барьеры и возможности для эффективного применения наилучших имеющихся методов и наилучших видов природоохранной деятельности для устройств сжигания в жилых помещениях.....	14

## Блоки

Блок 1.	Повышение информированности и образование: конкретные исследования.....	15
---------	-------------------------------------------------------------------------	----

## VI.C Бытовые источники продуктов сгорания

### Резюме

В этом разделе рассматривается сжигание дерева, угля и газа в основном для целей отопления и приготовления пищи в жилых зданиях. Сжигание осуществляется в обслуживаемых вручную печах или каминах либо, в случае крупных систем центрального отопления, в установках автоматического сжигания топлива. Исследования показывают, что из бытовых источников продуктов сгорания выбрасываются значительные количества химических веществ, перечисленных в Приложении С Стокгольмской конвенции. Количество выбросов химических веществ, прежде всего, зависит от используемого топлива (бытовые отходы, насыщенный морской солью сплавной лес и обработанная химикатами древесина – значительные источники ПХДД/ПХДФ), как и от эффективности сжигания. Эффективность сжигания зависит от температуры горения, от того, насколько хорошо смешиваются газы, времени нахождения в топке, наличия достаточного количества кислорода и свойств топлива. Ввиду их наличия в больших количествах бытовые установки для сжигания вносят заметный вклад в общие выбросы химических веществ, перечисленных в Приложении С.

Для уменьшения образования и выброса химических веществ, перечисленных в Приложении С, первостепенное значение имеет высокая эффективность сгорания чистого, неподвергнутого обработке химикатами топлива в бытовых устройствах для приготовления пищи и отопления. Методы сведения к минимуму выбросов химических веществ, перечисленных в Приложении С, из бытовых источников сжигания включают в себя программы образования, информирования и обучения населения по вопросам правильного применения бытовых устройств, использования соответствующих топлив и воздействия на здоровье людей в результате нерегулируемого бытового сжигания. Технологии борьбы с выбросами, используемые обычно в промышленных установках, как правило, в основном неприменимы для меньших по мощности бытовых устройств для отопления и приготовления пищи. Однако эффективным механизмом уменьшения количества химических веществ, перечисленных в Приложении С, явилось бы использование удобных в эксплуатации усовершенствованных печей, при этом важным дополнительным выигрышем было бы улучшение качества воздуха в жилых помещениях.

Наилучшие имеющиеся методы включают закрытые горелки с трубчатыми топками с низкими уровнями выбросов и с использованием сухой, выдержанной древесины. Для стран или регионов, в которых эти виды топлива и устройства отсутствуют, наилучшие имеющиеся методы и наилучшие виды природоохранной деятельности для сжигания в быту включают надежное отделение бытовых отходов от топлива, чтобы избежать сжигания таких отходов в устройствах для приготовления пищи и обогрева. Во всех странах следует избегать использования для розжига или топки древесины, обработанной химикатами, или насыщенный морской солью сплавной лес, или пластика.

Приготовление пищи или обогрев с использованием дерева – распространенная и значительная по масштабам практика во всех странах мира. Любое действие, направленное на снижение выбросов химических веществ, перечисленных в Приложении С, при сжигании в быту, должно учитывать местные социальные, культурные и экономические факторы. Для лучшего освещения этого представлены конкретные исследования из Австралии и Новой Зеландии.

### Введение

Ввиду дешевизны и доступности биомасса интенсивно используется как источник энергии группами населения с низким достатком. В развивающемся мире 75–80% населения полагается на древесину и отходы биомасс в качестве топлива для приготовления пищи и обогрева жилых помещений. Более того, не ожидается, что в мировом масштабе эта зависимость сельского

населения от энергии, получаемой из биомассы, существенно уменьшится, по крайней мере, в течение столетия, а некоторые исследования показывают, что она может возрасти. Во многих случаях отходы биомассы в сельском и лесном хозяйстве используются в качестве топлива, но в некоторых регионах мира потребности местного сектора энергетики оказывают сильное давление на лесные ресурсы (Karve 2000).

Печи для приготовления пищи с использованием биомассы по своему устройству в основном примитивны. В большинстве случаев они представляют собой простую конструкцию, состоящую из трех камней (то есть с открытым пламенем). При этом отсутствует труба или вентиляция для дыма и сажи, что означает, что любые выбросы вдыхаются напрямую людьми, находящимися в непосредственной близости к печи. Загрязнение воздуха помещений (сажей и дымом) вследствие неэффективного сгорания топливных биомасс внутри жилых домов является важной проблемой для здоровья населения. Исследования, проведенные в течение двух последних десятилетий, показали, что низкое качество воздуха помещений является одним из важных факторов, вносящих вклад в показатели смертности, в заболевания органов дыхания, плохое здоровье женщин и детей в сельской местности в развивающихся странах и в группах населения с низким доходом. В Индии, например, 1,5% от общего количества смертей среди женщин приписываются хроническим заболеваниям органов дыхания.

Среди женщин, использующих традиционные печи, отмечено больше случаев слепоты и заболевания туберкулезом, чем в любой другой группе населения. Несколько недавних исследований показали прямую связь между уровнем смертности и заболеваний среди младенцев и детей и использованием древесины и биомассы в качестве топлива в домах. (Озабоченность по поводу взаимосвязи между способами приготовления пищи и обогрева помещений в развивающихся странах, качеством воздуха помещений и здоровьем населения привела в 2003 г. к учреждению Глобального партнерства в борьбе за чистый воздух в помещениях. (<http://www.pciaonline.org/> at Nov. 2006), которое оказывает поддержку разработке чистых и малозатратных технологий для домашних устройств для приготовления пищи и обогрева помещений). Кроме того, отходы домашнего хозяйства используются в качестве топлива для приготовления пищи и обогрева помещений, что может вносить вклад в образование и выбросы химических веществ, перечисленных в Приложении С, вследствие сжигания в жилищах.

## **1. Выбросы химических веществ, перечисленных в Приложении С Стокгольмской конвенции, и другие выбросы при жилищно-бытовом сжигании**

### **1.1 Отопление жилищ и приготовление пищи с использованием разного топлива**

Обогрев жилищ и приготовление пищи производится с помощью приспособлений, отличающихся большим разнообразием: от маленьких открытых печек в полу и каминов - до больших, весьма сложных по устройству печей и духовок, работающих на древесине. Поскольку разные страны используют разную терминологию (например, печка, обогреватель), в качестве общего описания, где это уместно, используется термин «топка».

Ископаемое топливо широко используется для обогрева жилищ, особенно в развитых странах и странах с переходной экономикой. Уголь, нефть (легкие фракции) и (природный) газ – главные виды ископаемого топлива, используемого для обогрева жилищ.

Ископаемое топливо сжигают в устройствах от маленьких печей с механическим поджигом до весьма сложных по устройству котлов центрального отопления в больших многоквартирных жилых домах. Теплоотдача приближается к максимуму, если такие устройства хорошо эксплуатируются и обслуживаются. Используются два общих типа систем отопления, которые различаются по тому, каким образом тепло передается и выделяется. Так называемые системы центрального отопления, в которых в качестве топлива обычно используются нефть или газ, представляют собой один большой агрегат для нагрева воды или воздуха, которые затем

циркулируют по зданию, выделяя тепло в много численных децентрализованных радиаторах или трубах. Эти современные системы обычно высокоэффективны и отличаются довольно чистым горением, и в них остается или немного остатков для удаления, или совсем ничего.

Второй тип системы обогрева основан, главным образом, на твердых видах топлива (уголь) и состоит из отдельных печек, которые находятся в каждой комнате здания или внутри стен, чтобы обеспечить прямой доступ в несколько комнат одновременно. Эти печки состоят из небольших топок, но снабжены системой циркуляции воздуха как внутри печки, так и вокруг топки. Такие системы обычно более старые, с менее эффективным и менее чистым горением и из-за содержания неорганических веществ в топливе могут давать золу, которую надо удалять. Некоторые из этих систем также предназначены для сжигания нефти

Полихлорированные дибензо-пара-диоксины (ПХДД) и полихлорированные дибензофураны (ПХДФ) могут образовываться в результате неполного сгорания и выделяются, главным образом, в атмосферу. В случае сжигания угля потенциальным источником эмиссий также могут быть образующиеся остатки. Факторы эмиссии, взятые из исследований, выполненных в Европе, представлены в Таблице 1.

**Таблица 1. Факторы эмиссии ПХДД/ПХДФ при сжигании ископаемого топлива**

Тип устройства	Факторы эмиссии: мг ТЕQ/тдж сжигаемого ископаемого топлива с выбросами в атмосферу <sup>а</sup>	Концентрация нг ТЕQ/кг золы в остатке
Печки для сжигания угля с высоким содержанием хлора	15,000	30,000
Печки для сжигания угля	100	5,000
Печки для сжигания нефти	10	н.и.
Печки для сжигания природного газа	1,5	н.и.

н.и. – не имеется.

а. тдж = тераджоуль =  $1 \times 10^{12}$  дж.

Источник: UNEP 2005.

Биомасса – термин, используемый для обозначения природного органического материала, такого как древесина, солома, скорлупа кокосовых орехов, шелуха, навоз животных и т.д., который применяется в качестве топлива для отопления жилищ и приготовления пищи. В целом, наблюдается существенный разброс и неопределенность, что касается факторов эмиссии, связанных со сжиганием в жилых помещениях. Далее приводится сводка данных, имевшихся на момент публикации, которые сгруппированы по видам топлива и типам технологий.

Измерения эмиссий ПХДД/ПХДФ при обогреве жилищ были предприняты в Австрии (Thanner and Mosche 2002). В оценку включены измерения эмиссий от трех различных типов печек для сжигания твердого топлива. Следующие устройства были включены в эксперимент: новая низкобюджетная печка, пригодная для любых видов твердого топлива, печка из чугуна для кокса со сроком эксплуатации примерно 20 лет, печка из чугуна со сроком эксплуатации примерно 10 лет. Измерения проводились с использованием угля и кокса, а также древесины, причем все виды топлива были нормального торгового качества. Образцы отбирались на протяжении всего цикла нагрева, начиная с воспламенения топлива и заканчивая, когда все топливо полностью выгорит. Дымовые газы были проанализированы на ПХДД/ПХДФ и полихлорированные бифенилы (ПХБ); зола и сажа из дымоходов были отобраны после завершения каждого цикла нагрева и проанализированы на ПХДД/ПХДФ и ПХБ. Факторы эмиссии представлены в Таблицах 2 и 3.

Только малые количества ПХДД/ПХДФ и ПХБ, образовавшихся во время горения древесины и ископаемого топлива, были обнаружены в золе и саже дымоходов; более 90% этих загрязнителей присутствовали в газообразных и аэрозольных побочных продуктах. Оставшееся количество в



основном было аккумулировано в саже, в то время как зола содержала только незначительные количества.

Полевые испытания устройств, реально используемых в домашнем обиходе, которые эксплуатируются при нормальных (т.е. реальных) условиях, могут привести к существенно большим разбросам данных при использовании тех же типов печек и идентичных видов топлива. Концентрации ПХДД/ПХДФ, зафиксированные в одном из проектов, который был выполнен частным институтом, при тестировании семи отдельных нагревательных устройств, работающих на древесине в качестве топлива, колебались от 0,09 до 9,0 нг I-TEQ/м дж.

**Таблица 2. Факторы эмиссии ПХДД/ПХДФ и ПХБ при сжигании топлива в жилищах**

Вид топлива	ПХДД/ПХДФ TEQ (I-TEF)	ПХДД/ПХДФ TEQ (ВОЗ)	ПХБ TEQ (ВОЗ)
	нг/нм <sup>3</sup> (0% O <sub>2</sub> ) <sup>a</sup>	нг/нм <sup>3</sup> (0% O <sub>2</sub> )	нг/нм <sup>3</sup> (0% O <sub>2</sub> )
Дерево	0,1–2,0	0,1–2,0	0,01–0,08
Уголь	7,5–38,7	8,0–41,8	1,7–2,4
Кокс	0,9–4,4	0,9–4,6	0,03–0,2

а. 1 нг (наногрaмм) =  $1 \times 10^{-12}$  кг ( $1 \times 10^{-9}$  г); нм<sup>3</sup> = нормальный кубический метр, объем сухого газа измерен при 0°C и 101,3 кПа.

**Таблица 3. Факторы эмиссии ПХДД/ПХДФ и ПХБ для разных видов топлива**

Вид топлива		ПХДД/ПХДФ	ПХБ	
		I-TEQ нг/мдж	ВОЗ-TEQ нг/мдж	Σ Болшмиттера (Ballschmitter*), нг/мдж
Дерево	медиан.	N=8	n=3	n=3
	средн.	0,27	0,01	65,2
		0,32	0,01	50,3
Уголь	медиан.	N=8	n=2	n=2
	средн.	8,80	0,51	64,0
		7,74	0,51	64,0
Кокс	медиан.	N=4	n=4	n=4
	средн.	1,53	0,06	82,0
		1,47	0,06	81,1

\* Источник: Thanner and Moche 2002.

## 1.2. Выбросы при сжигании смесей и загрязненного топлива

Европейский реестр эмиссий показывает, что сжигание дерева вносит один из самых больших вкладов в атмосферные выбросы ПХДД/ПХДФ (Berdowski et al. 1997). В то время как особое внимание уделяется сжиганию древесины, следует заметить, что сжигаемый материал часто содержит в себе не толь натуральное дерево, но и древесные отходы, покрытые или обработанные различными химическими веществами, включая хлорированные органические соединения. Остатки древесины (отходы и промышленные остатки) часто содержат различные типы загрязнителей (хлорированный арсенат меди, пентахлорфенол, креозот, клеи, смолы, краски и другие материалы для покрытия поверхности). Стало обычной практикой, что любой горючий материал используется в качестве топлива (например, текстильные ткани, резина, пластики, печатные материалы, упаковочный материал, отходы нефтепродуктов и т.д.).

В Таблице 4 приведены сравнительные факторы эмиссии при сжигании обработанной химикатами древесины по отношению к необработанной древесине, которые были получены в результате

исследований, проведенных в различных странах Европы. Факторы эмиссии для выбросов от остатков даны на основе измеренных концентраций для золы, и они не связаны с теплотворностью топлива.

**Таблица 4. Сравнительные факторы эмиссии ПХДД/ПХДФ при сжигании чистой и загрязненной древесины**

Тип устройства	Факторы эмиссии: мг ТЕQ/тдж сжигаемой биомассы с выбросами в атмосферу <sup>а</sup>	Концентрация: нг ТЕQ/ кг зольного остатка
Печки для сжигания загрязненной древесины/ биомассы	1,500	1,000
Печки для сжигания чистой древесины/биомассы	100	10

а. тдж = тераджоуль =  $1 \times 10^{12}$  дж.

Источник: UNEP 2005.

Исследования были проведены в США в отношении сжигания древесины в жилищах для того, чтобы определить, имеет ли место образование ПХДД/ПХДФ (Lavric, Konnov and De Ruycck 2004). В центральных, восточных и западных регионах США были выполнены оценки состава сажи, отобранной из дымоходов печей, работающих на древесном топливе. Средние суммарные уровни ПХДД/ПХДФ в отложениях дымоходов были равны 8,3 нг/кг для восточного региона, 42,1 нг/кг для центрального региона и 10 нг/кг для западного региона. Такой широкий разброс объяснили конструктивными различиями печей и загрязнениями древесного топлива.

Измеримые уровни тетрахлордифенило-пара-диоксинов (ТХДД) были обнаружены в саже из дымоходов и в шлаке работающих на древесном топливе печей и каминов. Было найдено, что дымоходные отложения, полученные при сжигании в жилищах дерева, имеют профили конгенеров ПХДД/ПХДФ, аналогичные таковым для уходящих газов муниципальных мусоросжигательных установок. Это указывает на то, что дерево, используемое в устройствах сжигания в жилищах, может быть сильно загрязненным, при этом в качестве топлива, возможно, используются неподходящие материалы, такие как пластмассы.

Сажа из двух работающих на дереве печей в Британской Колумбии (Канада) была проанализирована на содержание ПХДД. Было найдено, что сажа из печи, сжигавшей засоленное древесное топливо в прибрежном районе, имела уровни ПХДД в 20-90 раз выше, чем сажа из печей в удаленных от побережья районах. Концентрация ПХДД в летучей золе возрастала с увеличением концентрации хлора (из морской соли).

Согласно данным химического анализа, выполненного в Польше, жилищные источники могут выбрасывать дымовые газы, в которых ПХБ имеет концентрацию примерно в 3 раза выше, чем в промышленных выбросах (исключая мануфактурные предприятия), примерно в 2 раза более высокую концентрацию гексахлорбензола (ГХБ) и в 25 раз более высокую концентрацию ПХДД/ПХДФ. Главная причина таких высоких концентраций ПХДД/ПХДФ, ПХБ и ГХБ – совместное сжигание бытовых отходов с твердыми углем или деревом, обычно осуществляемое в простых кухонных печах или отопительных котлах. (Lassen et al. 2002, 2003).

Совместное сжигание дерева или угля с бытовыми отходами имеет место в сельских и пригородных районах, расположенных вблизи лесов, в домах отдыха, а также в жилых массивах. Полученные общественными организациями статистические данные свидетельствуют, что совместное сжигание дерева и торфа приводит к тепловыделению 95000 тдж. Вклад торфа был признан малым. Согласно экспертным оценкам, около 15% суммарного количества сожженных дерева или угля замещается бытовыми отходами. Суммарное количество выделения тепла загрязненным топливом составляет по оценке 9500–19000 тдж. В Польше, где бытовые отходы

сжигают совместно, концентрации ПХДД/ПХДФ в дымовых газах, выбрасываемых из дымоходов печей, изменялись в широком диапазоне от 0,32 до 77 нг I-TEQ/нм<sup>3</sup>. Коэффициенты выбросов для твердого угля изменялись в диапазоне 17 - 570 мкг TEQ/Мг. Суммарный годовой выброс ПХДД/ПХДФ из жилищных источников составлял в Польше по оценкам 30 - 85 г I-TEQ. Профиль распределения масс конгенов ПХДД/ПХДФ для дымовых газов был аналогичен профилю, найденному для отходящих газов мусоросжигательных печей.

Контроль за выбросами из жилищных источников очень слабый. Большинство печей и каминов эксплуатируют неудовлетворительно, с недостаточными объемами кислорода и низкой степенью турбулентности газов горения (вследствие превышения нагрузки или использования чрезмерно больших деревянных поленьев). При таких условиях сжигания имеют место выбросы не только газообразных, но и твердых загрязнителей, содержащих ПХДД и ПХДФ и удаляемых в грунт.

## 2. Наилучшие имеющиеся методы

Высококачественное эффективное сжигание в кухонных и отопительных устройствах очень важно для уменьшения образования и выброса химических веществ, перечисленных в Приложении С.

Для закрытых топок это, в первую очередь, зависит от температуры камеры сжигания, турбулентности газов горения, времени нахождения в топке, избытка кислорода и вида используемого топлива. Эти параметры обусловлено такими факторами, как:

- Технология сжигания (например, конструкция камеры сгорания, технология управления процессом);
- Условия эксплуатации (например, отношение количеств первичного и вторичного воздуха, расположение воздушных форсунок);
- Условия нагрузки (полная ли частичная нагрузка);
- Характеристики топлива (форма, фракционный состав, влажность).

Любые рекомендации относительно наилучших имеющихся методов или наилучших видов природоохранной деятельности для устройств для сжигания биомассы или древесины должны учитывать, что зависимость от топливных биомасс для приготовления пищи и обогрева будет оставаться обычной практикой в течение многих последующих лет для групп населения с низким уровнем доходов и сельских общин. Выполнение руководящих указаний, относящихся к таким устройствам, будет зависеть от ряда условий, включая социально-экономические факторы. В качестве составляющей части своих национальных планов выполнения страны должны провести оценку для определения социально-экономических последствий применения любых новых стандартов или правил.

Замена печей плохой конструкции на модернизированные печи, в которых топливо сгорает более эффективно, будет результативной стратегией для уменьшения выбросов химических веществ, перечисленных в Приложении С, и это дает дополнительный выигрыш в виде улучшения качества воздуха в жилищах. В дополнение, некоторые исследования показали, что при улучшенных конструкциях печей экономится 50-80% топлива по сравнению с традиционными конструкциями. При оптимальных конструкциях улучшенных печей может экономиться топливо, сократиться загрязнение атмосферы, станет легче производить, устанавливать и эксплуатировать печи, которые будут более доступными для пользователей в сельской местности. Такие конструкции также улучшат безопасность благодаря снижению прямого воздействия огня и тепла, и возможности для занятости вследствие производства, продажи и обслуживания улучшенных печей.

Улучшенные конструкции печей должны принимать во внимание нужды и интересы пользователей. Например, исследования показали, что пользователи улучшенных печей проявляют озабоченность в отношении топлива и его экономии, выброса загрязнений, стоимости, времени приготовления пищи, удобства эксплуатации и обслуживания, приспособляемости к кухонной утвари, легкости розжига и поддержания уровня горения и безопасности работы.

Усилия по конструированию улучшенных печей должны принимать во внимание социальные, культурные, эргономические и медицинские аспекты

## **2.1 Виды топлива и типы устройств: общие принципы**

Наилучшие имеющиеся методы включают закрытые топки с низкими уровнями выбросов с трубчатыми дымоходами и использованием сухого, выдержанного дерева. Для стран, которые не подпадают под требования о снижении выбросов парниковых газов, использование чистого топлива для сжигания, такого как жидкий нефтяной газ, природный газ, нефть и керосин, может также быть уместным, хотя это требует наличия конструкций, в которых могут использоваться эти виды топлива.

В странах или регионах, в которых эти виды топлива и типы устройств отсутствуют, наилучшие имеющиеся методы или наилучшие виды природоохранной деятельности для источников сжигания в жилищах включает обеспечение отделения бытовых отходов от топлива, используемого в этих устройствах, чтобы избежать горения бытовых отходов в устройствах для приготовления пищи и обогрева. Во всех странах следует избегать использования обработанного химикатами дерева или сплавленного леса, пропитанного морской солью, и использование пластика для розжига или в качестве топлива.

Меры по контролю выбросов из отходящих газов желательны, но не признаются в качестве общепринятой практики в отношении устройств для горения и сжигания в жилищах. Большие системы, сравнимые с теми, что используются для промышленных процессов, должны быть снабжены циклонными или тканевыми фильтрами. Отмечено, что в некоторых странах имеются каталитические преобразователи, но их использование не стало повседневной практикой.

## **2.2 Устройства для приготовления пищи и обогрева**

В случае индивидуальных печей и топок выбросы можно уменьшить, используя оптимизированные отопительные агрегаты. Существуют различные типы установок, зависящие от принятых в стране общих технических стандартов, социальных, культурных и экономических условий и климатических особенностей.

Оптимизированная технология сжигания должна иметь следующие характеристики:

- Хорошее перемешивание газа и воздуха (высокая степень турбулентности или смешивания);
- Достаточное время пребывания в зоне горения;
- Минимальное нарушение раскаленного слоя и равномерное распределение первичного воздуха;
- Минимальное время нахождения в температурной зоне от 180°C до 500°C и минимальная способность к отложениям золы;
- Дымовая труба должна поддерживаться в чистом и свободном от отложений сажи состоянии, что достигается путем полного сжигания топлива и регулярной очисткой трубы (хотя бы ежегодно).

## **3. Наилучшие виды природоохранной деятельности**

### **3.1 Устройства для сжигания и возможные проблемы**

В Таблице 5 определены некоторые типичные, связанные с устройствами проблемы, которые могут вызывать выброс загрязнителей. Многие из этих проблем самому домовладельцу определить трудно. Вышеприведенные виды информации должен обеспечивать изготовитель или розничный торговец на месте продажи таких устройств. Хорошим инструментом распространения информации среди населения могут также служить средства массовой информации.

#### **Таблица 5. Устройства для сжигания и возможные проблемы**

Устройства	Топливо	Типичные возможные проблемы
Центральные топки Комнатные обогреватели Камины	Природный или сжиженный нефтяной газ	Треснувший теплообменник Нехватка воздуха для правильного горения топлива Дефектный или забитый дымоход Плохо отрегулированная горелка
Центральные топки	Нефть	Треснувший теплообменник Нехватка воздуха для правильного горения топлива Дефектный или забитый дымоход Плохо отрегулированная горелка
Центральные нагреватели Комнатные обогреватели	Дерево	Треснувший теплообменник Нехватка воздуха для правильного горения топлива Дефектный или забитый дымоход Сырое или химически обработанное дерево
Центральные топки Печи	Уголь	Треснувший теплообменник Нехватка воздуха для правильного горения топлива Дефектная решетка
Кухонные плиты Сушилки	Природный или сжиженный нефтяной газ	Нехватка воздуха для правильного горения топлива Плохо отрегулированная горелка Неправильное использование в качестве комнатного обогревателя
Комнатные обогреватели Центральные нагреватели	Керосин	Неправильная регулировка Плохое топливо (не К-1) Неподходящие фитиль или его высота Нехватка воздуха для правильного горения топлива
Печи Камины	Дерево Уголь	Нехватка воздуха для правильного горения топлива Дефектный или забитый дымоход Сырое или химически обработанное дерево Треснувшие теплообменник или огневая коробка Непригодное топливо, например – бытовой мусор
Водяные обогреватели	Природный или сжиженный нефтяной газ	Нехватка воздуха для правильного горения топлива Дефектный или забитый дымоход Плохо отрегулированная горелка

Источник: CPSC 2004.

### 3.2 Вентиляция

Для уменьшения загрязнения воздуха внутри помещения важным является поступление воздуха в помещение и выход его из помещения, что помогает снижению уровня вредных загрязнителей внутри помещения, благодаря отводу загрязнителей через дымоход или печную трубу наружу. Это также обеспечивает достаточное для полного сгорания количество воздуха, таким образом, снижая уровни загрязнителей.

Вентиляцию можно также улучшить с помощью следующих средств:

- Использование помогающего вентиляции вентилятора в зонте, устанавливаемом над печью;
- Обеспечение достаточного притока воздуха в помещение, когда используется вытяжной вентилятор (например, слегка приоткрывая дверь или окно, особенно когда работают другие устройства);
- Для правильной эксплуатации большинства сжигающих устройств и их вентиляционных систем давление воздуха в помещении должно быть выше, чем давление снаружи. Если это не так, вентилируемые устройства могут выбрасывать образующиеся при сжигании загрязнители внутрь помещения, а не наружу;
- Обеспечение подсоединения вентиляционного канала к вентилируемому устройству, который ничем не блокируется, при этом в вентиляционном канале должны отсутствовать отверстия и трещины;
- Открытие заслонки печи или отопительного устройства во время внесения древесного топлива способствует дополнительному подосу воздуха в устройство. Большое количество воздуха способствует полному сгоранию дерева и предотвращает выброс загрязнителей в помещение, заставляя их подниматься вверх по дымоходу. Хорошо видимый дым или постоянный запах дыма в помещении при сжигании в печи древесного топлива свидетельствуют о неправильной работе печи, также как и отложение сажи на мебели в комнате, в которой установлена печь. Дым и сажа - это признаки того, что печь выбрасывает загрязнители в воздух помещения.

Невентилируемые отопительные устройства и печи в любом случае не должны использоваться в спальнях, поскольку это может привести к воздействию на людей окиси углерода в опасных или смертельных дозах.

### 3.3 Инспектирование и техническое обслуживание

Устройства для сжигания подлежат регулярному инспектированию и техническому обслуживанию (Таблица 6) с целью снижения воздействия на человека загрязнителей. Важно очищать дымоходы и вентиляционные каналы, особенно при изменении отопительных систем.

**Таблица 6. Графики инспектирования и технического обслуживания**

Устройство	Инспектирование		Техническое обслуживание	
	Задачи	Частота	Задачи	Частота
Система подогрева воздуха, работающая на газе	Очистка и замена воздушных фильтров Проверка наличия ржавчины и сажи в газоходах	Ежемесячно, если это требуется Ежегодно	Квалифицированный работник проверяет и очищает дымоход, проверяет и регулирует горелки, проверяет работу теплообменника	Ежегодно (в начале отопительного сезона)
Работающие на газе или нефти системы подогрева воды или пара и подогреватели воды	Проверка наличия ржавчины и сажи в газоходах	Ежегодно	Квалифицированный работник проверяет и очищает дымоход, очищает камеру сгорания, регулирует горелки, проверяет работу	Ежегодно (в начале отопительного сезона)

Керосиновые отопители помещений	Проверка правильной посадки кожуха Проверка отсутствия воды и других загрязнителей В топливном баке	Ежедневно при их работе Ежедневно или при пополнении топлива	Проверка и замена фитиля Очистка камеры сгорания Дренирование топливного бака	Ежегодно (в начале отопительного сезона) Ежегодно (в начале отопительного сезона) Ежегодно (в конце отопительного сезона)
Печи на древесном топливе и угле	Проверка наличия ржавчины и сажи в газоходах	Ежемесячно	Квалифицированный работник проверяет и очищает дымоход, проверяет швы и прокладки, проверяет работу	Ежегодно (в начале отопительного сезона)

Источник: CPSC 2004.

### 3.4 Правильное использование устройств и топлива

Важно правильно понимать указания инструкций по эксплуатации всех устройств, следовать им и использовать рекомендуемый тип топлива.

В печах и каминах для сжигания древесины, при наличии возможности, следует использовать выдержанную сухую (твердую) древесину вместо сырой (мягкой) древесины. При горении твердой древесины развивается более высокая температура и образуется меньше креозота (маслянистый черный деготь, который прилипает к дымоходу или печным трубам и создает опасность воспламенения).

Следует полностью исключить использование зеленой, влажной древесины и пропитанной (морской) солью сплавной древесины, поскольку зеленая, влажная древесина сгорает с меньшей эффективностью и может привести к более высоким эмиссиям ПХДД/ПХДФ. Сравнительное исследование древесины из прибрежных районов по отношению к древесине из удаленных от берега районов далее показало, что пропитанная морской солью древесина содержит больше хлора, что при горении приводит к более высоким уровням эмиссий ПХДД/ПХДФ (см. также подпараграф 1.2).

Ни в коем случае нельзя сжигать обрезки окрашенной древесины и древесины, обработанной антисептиками, поскольку из них могут выделяться высокотоксичные загрязнители, включая химические вещества, перечисленные в Приложении С.

Важно избегать загрузки отходов, содержащих высокие концентрации хлора и/или брома, являются ли они неорганическими соединениями, такими как соли, или галогенированными органическими соединениями, такими как ПВХ (Lemieux et al. 2003). Однако совместное сжигание отходов является обычной практикой при использовании устройств для сжигания твердого топлива. Следует самым серьезным образом выступать против этого через формирование политики и компаний по улучшению информированности (см. ниже подпараграф 3.5). Многие исследования показывают, что сжигание хлорсодержащих отходов, таких как ПВХ, ведет к росту образования нежелательных стойких органических загрязнителей (Таблица 7; Gullett et al 1999). Могло бы быть введено в практику правило, определяющее стандартные виды топлива. Это также имеет силу для таких видов топлива, как обработанная химикатами древесина, нефтяные отходы, трансформаторное масло, пластики и другие горючие отходы.

**Таблица 7. Связь факторов эмиссии ПХДД/ПХДФ с содержанием ПВХ в сжигаемом материале**

Содержание ПВХ [%]	0	0,2	1	7,5
Средний фактор эмиссии в I-TEQ/кг [нг]	14	80	200	4900
Диапазон I-TEQ/кг [нг]	2 - 28	9 - 150	180 - 240	3500 – 6700

Gullett *et al* 1999

### 3.5 Программы образования, информирования и обучения

Обычно эмиссии других загрязнителей (таких как тонкие частицы или окись углерода) понуждают к разработке правил с целью улучшения ситуации с выбросами при сжигании в жилищах. Программы образования, информирования и обучения с целью улучшения понимания наилучших имеющихся методов, относящихся к химическим веществам, перечисленным в Приложении С, должны быть одним из главных компонентов таких усилий (см. конкретные исследования в Блоке I, присоединенном к этому Разделу).

Любую образовательную программу и программу информирования лучше всего разрабатывать совместно с местным населением, что обеспечить ее конкретность и полезность. Ключевые компоненты эффективных программ включают:

- Образование и информированность о надлежащем использовании топлива. Критические факторы, которые включены, следующие:
  - Использование сухой, выдержанной древесины, что снизит выбросы ПХДД/ПХДФ и может также дать больше тепла (до 40%);
  - Использование видов топлива, дающих более чистое горение, таких как природных газ, для снижения выбросов химических веществ, перечисленных в Приложении С;
  - Нежелательность сжигания в этих устройствах бытовых отходов;
  - Экономичная эксплуатация устройств с целью обеспечения полного сгорания топлива;
- Простая, легкая для понимания информация о влиянии перечисленных в Приложении С химических веществ на здоровье людей и окружающую среду, а также о важной роли источников выбросов их жилых помещений;
- Программы для тех, кто продает, для тех, кто покупает и эксплуатирует устройства для сжигания в жилищах, с освещением вопросов, поднятых в подпараграфах с 3.1 по 3.4.

### 3.6 Организация работы устройств для сжигания в жилых помещениях

Полное сгорание топлива имеет важное значение, чтобы обеспечить низкие уровни выбросов и экономичную эксплуатацию устройства. Этого можно достигнуть, если обеспечить следующие условия:

- Достаточная температура горения;
- Достаточный подвод воздуха, обеспечивающий необходимое для сгорания количество кислорода;
- Исключение избыточной загрузки топлива (больше, чем может эффективно сгореть);
- Достаточное перемешивание воздуха с горячими газами, образующимися в факеле.

Этих желаемых результатов можно добиться с помощью следующих специальных мер:

- Высококачественное топливо;
- Сбор и выдерживание древесины, чтобы оно было сухим при сжигании;
- Обеспечение необходимого потока воздуха (например, нельзя загромождать пути поступления воздуха деревянными поленьями);



- Достаточно большое для оптимального подвода воздуха пространство в огневой коробке.

### 3.7 Управление выбросами в другие среды

Основные выбросы химических веществ, перечисленных в Приложении С, от сжигания в жилищах попадают в атмосферу. Зола и сажа также выделяются, но, если они образуются при сжигании чистой древесины или биомассы, обычно они содержат лишь малые количества веществ, перечисленных в Приложении С. Небольшие количества золы могут быть безопасным образом использованы в качестве удобрения, если они не применяются в том же самом месте на регулярной основе. Большие количества должны удаляться путем вывоза на свалки, отвечающие санитарным нормам.

## 4. Эффективное применение наилучших имеющихся методов и наилучших видов природоохранной деятельности

В большинстве случаев конечные потребители улучшенных устройств для сжигания будут иметь минимальное представление (или не иметь его вовсе) о неблагоприятном воздействии на здоровье и окружающую среду химических веществ, перечисленных в Приложении С. Повышение информированности об этих проблемах может содействовать поощрению эффективной эксплуатации этих устройств, также как и исключению такой практики, как использование в качестве топлива отходов. Правительства должны включить в свои учебные и информационные программы информацию о воздействии выбросов химических веществ, перечисленных в Приложении С, из устройств для сжигания в жилищах, таких как печи, духовки и другие приборы.

Вероятные барьеры и возможности для эффективного применения наилучших имеющихся методов и наилучших видов природоохранной деятельности обсуждаются в работе Atikullah S.M. and Eusuf M. (2003). Их сводка дана ниже в Таблице 8.

**Таблица 8. Вероятные барьеры и возможности для эффективного применения наилучших имеющихся методов и наилучших видов природоохранной деятельности для устройств сжигания в жилых помещениях**

Барьеры	Возможности для эффективного применения наилучших имеющихся методов и наилучших видов природоохранной деятельности
Несоответствие между конструкцией устройства и типами используемого и имеющегося в наличии топлива	Конструкция устройства должна быть приспособлена к нуждам местного населения. Перед разработкой любой конкретной конструкции необходимо провести детальную оценку этих нужд
Недостаточная информированность населения об улучшенных технологиях	Правительства и местное население должны использовать подходящие средства (например, средства массовой информации, информационные кампании) для оповещения и популяризации улучшенных устройств. Учебные программы на местном уровне являются важными для обеспечения надлежащего использования устройств и исключения возможного использования ненадлежащего топлива, такого как бытовые отходы
Недостаток местного потенциала для обслуживания и ремонта улучшенных устройств	Важное значение имеет выполнение учебных программ для создания потенциала для обслуживания и ремонта устройств
Недостаток ресурсов для приобретения, эксплуатации и обслуживания appliances	Потребители с ограниченными доходами обратят внимание на улучшенные установки, если будут

	убеждены, что такие устройства не станут для них дополнительным финансовым бременем и будут экономичными в обслуживании и эксплуатации
Недостаток понимания в отношении воздействия на здоровье химических веществ, перечисленных в Приложении С, и других загрязнителей	Улучшить информированность о возможных последствиях для здоровья загрязнения воздуха жилых помещений (включая химические вещества из Приложения С) вследствие использования ненадлежащих приборов для обогрева и домашнего приготовления пищи и ненадлежащего топлива

Дополнительные источники информации о чистом горении и улучшенных конструкциях печей для сжигания древесины представлена в ссылках на литературу.

### **Блок 1 Повышение информированности и образование: конкретные исследования**

Хотя приведенные ниже подходы по регламентации делают акцент на частицах, они имеют важный побочный выигрыш для сокращения ПХДД/ПХДФ, которые могут образоваться ввиду неполного сгорания. Сокращение выбросов частиц одновременно также выбросы ПХДД/ПХДФ, поскольку ПХДД/ПХДФ адсорбированы на частицах.

#### **Исследование 1: Новая Зеландия**

Загрязнение городов из-за эмиссий при сжигании дерева в жилищах является широко распространенной проблемой. В Новой Зеландии многие поселки и города страдают от плохого качества воздуха в зимнее время вследствие сжигания для обогрева жилищ. Превышение национального экологического стандарта для тонких частиц  $50 \text{ мкг/м}^3$  (среднее за 24-часа) не является необычным фактом, и в некоторых районах это случается в течение 30 дней в год. Это представляет собой потенциальный вклад в выбросы ПХДД/ПХДФ страны. Эта проблема, главным образом, историческая, из-за преобладания неизолированных домов вследствие избытка (и во многих случаях бесплатного) снабжения деревом и углем. Это представляет собой важные социально-экономические аспекты для местных властей, отвечающих за снижение загрязнения воздуха.

В четырех городках в Новой Зеландии в 2005-2006 гг. была организована кампания по улучшению информированности о выбросах при сжигании в жилищах. Ключевой вывод кампании – важность приспособления решений к особенностям каждой местной общины (а не по принципу «один размер подходит всем»). Это потребовало вовлечения всех заинтересованных сторон, таких как местные профессиональные медицинские работники и доверительных фондов, но оказалось весьма успешным в создании положительной синергии для действий и информированности общины.

#### **Исследование 2: Тасмания, Австралия**

Во многих частях южной Австралии для отопления обычно используются обогреватели, работающие на древесине. В зимнее время на Лаунчестон (Launceston), Тасмания (население примерно 10 000), ежемесячно приходится в среднем до 14 случаев превышения австралийского стандарта для частиц, в основном вследствие выбросов от обогревателей, работающих на дереве.

Чтобы улучшить качество воздуха, в 2001 г. была введена программа замены обогревателей, работающих на дереве, и с этого времени примерно 25% обогревателей были удалены, благодаря финансовой выгоде замены старых, загрязняющих воздух обогревателей на более чистые устройства. В то же время была представлена образовательная программа для соответствующих жителей (Launceston Air Quality website), а также введено правило, ограничивающее выбросы частиц для новых обогревателей, работающих на древесине, до 4 г/кг (эмиссия/килограмм сожженного дерева).

Исследование в 2005 г. показало, что программа ускорила существующую тенденцию отказа от

старых, работающих на древесине обогревателей и внесла вклад в улучшение качества воздуха. Несмотря на отсутствие данных, вероятно, сократились и выбросы диоксинов. В 2006г. Лаунчестон впервые не нарушил австралийский стандарт для тонких частиц.

## Ссылки на литературу

Atikullah S.M. and Eusuf M. 2003. "Biomass Crisis and Improved Stoves in Bangladesh." *Renewable Energy Newsletter* 1:2. Bangladesh Centre for Advanced Studies, Dhaka.

Berdowski J.J.M., Baas J., Bloos J.P.J., Visschedijk A.J.H. and Zandveld P.Y.J. 1997. *The European Emission Inventory of Heavy Metals and Persistent Organic Pollutants*. Umweltforschungsplan des Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Forschungsbericht 104 02 672/03. TNO, Apeldoorn, Netherlands.

CPSC (Consumer Product Safety Commission). 2004. *What You Should Know about Combustion Appliances and Indoor Air Pollution*. CPSC Document 452. [www.cpsc.gov/CPSCPUB/PUBS/452.html](http://www.cpsc.gov/CPSCPUB/PUBS/452.html).

Gullet *et al* 1999, *Organohalogen and Compounds* Vol.41, 157-168, 1999.

Karve P. 2000. *International Conference on Biomass-Based Fuels and Cooking Systems (BFCS-2000): A Report*. [solstice.crest.org/discussiongroups/resources/stoves/Karve\\_Conference/BFCSrprt.htm](http://solstice.crest.org/discussiongroups/resources/stoves/Karve_Conference/BFCSrprt.htm).

Lassen C. et al. 2002. *Inventory of Dioxin and Furan Releases in Poland*. Report by Danish Cooperation for the Environment in Eastern Europe (DANCEE) and Ministry of the Environment Poland.

Lassen C., Hansen E., Jensen A.A., Olendrzyński K., Kołsut W., Żurek J., Kargulewicz I., Dębski B., Skośkiewicz J., Holzer M., Grochowalski A., Brandte E., Poltimae H., Kallaste T. and Kapturauskas J. 2003. "Survey of Dioxin Sources in the Baltic Region." *Environ. Sci. Pollut. Res.* 10:49–56.

Launceston Air Quality. [www.launceston.tas.gov.au/airquality.php](http://www.launceston.tas.gov.au/airquality.php).

Lavric E.D., Konnov A.A. and De Ruyck J. 2004. "Dioxin Levels in Wood Combustion: A Review." *Biomass and Bioenergy* 26:115–145.

PCIA (Partnership for Clean Indoor Air). [www.pciaonline.org/](http://www.pciaonline.org/).

RWEDP (Rural Wood Energy Development Programme in Asia). [www.rwedp.org/p-stoves.html](http://www.rwedp.org/p-stoves.html).

Thanner G. and Moche W. 2002. *Emissions of Dioxins, PCBs and PAHs from Domestic Heating*. Monographs Vol. 153. Federal Environmental Agency, Vienna, Austria.

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).

## Другие источники

Government of Australia. 2004. *Hot Tips for Cleaner Wood Heating*. Natural Heritage Trust, Australia.

Pfeiffer F., Struschka M., Baumbach G., Hagenmaier H. and Hein K.R.G. 2000. "PCDD/PCDF Emissions from Small Firing Systems in Households." *Chemosphere* 40:225–232.

Design principles of wood burning cookstoves, PCIA website (Nov. 2006) [http://www.pciaonline.org/assets/20060710-Design\\_Principles\\_ES.pdf](http://www.pciaonline.org/assets/20060710-Design_Principles_ES.pdf)

Biomass Energy Technology, [http://www.rwedp.org/d\\_technodc.html](http://www.rwedp.org/d_technodc.html) (Nov. 2006)

## **Раздел VI**

**Указания и руководящие принципы по  
категориям источников:**

**Категории источников в Части III Приложения С**

**Категории источников (d):  
Энергетические и промышленные котлы,  
работающие на ископаемом топливе**

## Содержание

VI.D .....	Энергетические и промышленные котлы, работающие на ископаемом топливе	3
1.	Введение.....	3
1.1.	Обзорная информация по котлам.....	3
1.2.	Типы котлов .....	4
2.	Образование ПХДД/ПХДФ, ПХБ и ГХБ при горении .....	5
2.1.	ПХДД и ПХДФ .....	6
2.2.	ПХБ и ГХБ.....	7
3.	Влияние вида топлива на образование выбросов.....	7
3.1.	Легкое дистиллятное топливо и природный газ .....	8
3.2.	Мазут.....	8
3.3.	Уголь .....	8
3.4.	Лигнит.....	8
3.5.	Совместное сжигание с другими видами топлив .....	8
4.	Оценка выбросов стойких органических загрязнителей из котлов .....	9
5.	Наилучшие виды природоохранной деятельности .....	10
6.	Наилучшие имеющиеся методы .....	11
6.1.	Основные меры .....	11
6.2.	Дополнительные меры: устройства для борьбы с загрязнением воздуха .....	12
6.3.	Другие вопросы.....	12
7.	Эксплуатационные уровни выбросов, связанные с наилучшими имеющимися методами .....	14
	Приложение I. Факторы эмиссии <sup>а</sup> ПХДД и ПХДФ в регулируемом процессе сжигания битуминозных и полубитуминозных каменных углей ( TEQ нг/кг <sup>б</sup> ).....	15
	Ссылки на литературу.....	16
	Другие источники.....	17

## Таблицы

Таблица 1.	Факторы эмиссии <sup>а</sup> для промышленных тепловых и электрогенерирующих станций при сжигании различных видов ископаемого топлива <sup>б</sup> .....	10
Таблица 2.	Следовые концентрации органических веществ (нг/См <sup>3</sup> при 12% СО <sub>2</sub> ) <sup>а</sup> при сжигании топлива, полученного из отходов.....	11
Таблица 3.	Сводка рекомендуемых мер для работающих на ископаемом топливе энергетических и промышленных котлов.....	13

## Рисунки

Рис. 1.	Места возможного образования ПХДД и ПХДФ в котле.....	6
---------	-------------------------------------------------------	---

## **VI.D Энергетические и промышленные котлы, работающие на ископаемом топливе**

### **Резюме**

Энергетические и промышленные котлы представляют собой устройства, предназначенные для сжигания топлива с целью нагрева воды или производства пара для использования его при производстве электрической энергии либо в промышленных технологических процессах. Объемные концентрации химических веществ, перечисленных в Приложении С Стокгольмской конвенции, в выбросах котлов, работающих на ископаемых топливах, обычно очень низкие. Однако суммарные массовые выбросы из котельной отрасли промышленности могут быть значительными из-за масштабов сжигания ископаемого топлива на электростанциях и при производстве тепла и водяного пара (как в тоннах, так и по распространению).

В число мер, которые можно предпринять для уменьшения образования и выброса химических веществ, перечисленных в Приложении С, входят: поддержание в топке котла условий эффективного горения и обеспечение времени, достаточного для завершения полного сгорания топлива; принятие мер по защите топлива от загрязнения ПХБ, ГХБ и хлором, а также по снижению концентраций этих веществ в других компонентах, о которых известно, что они действуют как катализаторы при образовании ПХДД и ПХДФ; использование соответствующих методов газоочистки с целью снижения выбросов, которые могут содержать захваченные газом загрязнители; и использование соответствующих способов удаления, хранения и продолжающейся утилизации собранной золы.

Уровни воздушных выбросов ПХДД/ПХДФ при использовании наилучших имеющихся методов могут быть значительно ниже  $0,1 \text{ нг ТЭQ/нм}^3$  (содержание кислорода : 6% - в твердом топливе ; 3% - в жидком топливе).

## **1. Введение**

### **1.1. Обзорная информация по котлам**

Котлы – это устройства, предназначенные сжигать топливо с целью нагрева воды или производства водяного пара. Большинство котлов работают на ископаемом топливе и служат источниками для получения электрической энергии, хотя котлы применяют также и для сжигания биомасс и отходов. Генерируемый в котле водяной пар может быть использован для производства электрической энергии либо в промышленных технологических процессах; аналогичным образом горячая вода может быть использована в промышленных процессах либо для отопления жилых зданий и промышленных предприятий. Энергетические и промышленные котлы существенно отличаются друг от друга, причем основные различия лежат в трех принципиально важных областях:

- Габариты котлов;
- Применение водяного пара и горячей воды, производимых котлами;
- Конструкция котлов.

#### **1.1.1 Габариты котлов**

Энергетические котлы очень велики по сравнению с современными промышленными котлами (иногда известными под названиями «промышленные-коммерческие-учрежденческие котлы»). Типичный мощный энергетический котел производит порядка 1600 т пара в час, тогда как

средний промышленный котел выдает около 45 т пара в час, хотя производительность промышленных котлов может меняться в диапазоне от 4,5 до 450 т/час (СІВО 2002).<sup>1</sup>

### 1.1.2 Применение производимого водяного пара

Энергетические котлы предназначены генерировать пар с постоянной нагрузкой, при этом пар поступает на турбогенераторы, производящие электрическую энергию. По причине такого постоянного потребления пара, энергетические котлы работают обычно в непрерывном устойчивом режиме, хотя колебания на рынке электроэнергии приводят к тому, что некоторые электростанции работают с переменной нагрузкой, учитывающей колебания суточного спроса на электроэнергию в стране.

В противоположность сказанному, промышленные котлы предназначены для совершенно иных целей и работают в других промышленных установках, причем спрос на их продукцию может варьироваться в зависимости от промышленной деятельности и технологических процессов, происходящих в данный момент времени, а также от потребности процессов в водяном паре. Сравните, например, производство и потребление горячей воды и пара при обработке пищевых продуктов с графиком нагрузки котла, установленного в крупной больнице. Такой сильно колеблющийся спрос на водяной пар означает, что промышленный котел обычно не работает с установившейся максимальной производительностью, хотя конструкция его оптимизирована для конкретной установки и ее эксплуатации. В общем случае промышленные котлы имеют значительно меньшие среднегодовые эксплуатационные нагрузки и коэффициенты использования, чем типичные энергетические котлы.

### 1.1.3 Конструкция котлов

Энергетические котлы – это обычно крупные агрегаты, сжигающие главным образом пылеугольное топливо, мазут или природный газ и работающие с высокими давлением и температурой. Отдельные типы энергетических котлов имеют обычно относительно похожие конструкцию и способ сжигания топлива. В отличие от них, промышленные котлы отличаются широкий диапазон систем сжигания топлива, хотя проектируются они обычно на конкретный вид топлива. Блоки электростанций строятся вокруг котлов и турбин, и их большие габариты позволяют получить значительный масштабный экономический эффект при борьбе с выбросами. С другой стороны, конструкция промышленных котлов может быть ограничена необходимостью обеспечить гибкость в паропроизводительности, а также пространственными ограничениями, налагаемыми на установку. Это может затруднять применение эффективных методов борьбы с выбросами для установок с такими промышленными котлами.

## 1.2 Типы котлов

### 1.2.1 Энергетические котлы

Энергетические котлы обычно определяются конфигурацией их топков:

- Топки с тангенциальными горелками: обычно используются для сжигания пылеугольного топлива, но могут быть применены и для сжигания мазута или газа; имеют зону одного факела, в который топливовоздушная смесь поступает из четырех углов топки по касательным к вписанной в топку окружности с центром на оси топки;
- Топки с настенными горелками: несколько горелок, расположенных на одной стене или двух противоположных стенах топки, могут сжигать угольную пыль, мазут или природный газ;
- Топки с циклонными предтопками: обычно работают на дробленном угле, причем топливовоздушная смесь сжигается в горизонтальных цилиндрах;
- Механические слоевые топки: старые установки, сжигающие все виды твердого топлива. Механические топки с забрасывателем подают твердое топливо на колосниковую решетку и удаляют шлак;

<sup>1</sup> Для грубой оценки может быть использован коэффициент пересчета 0.8–0.9 (Мвт на тонну пара высокого давления).

- Топки с кипящим слоем: имеют более низкие температуры горения, эффективное сгорание, которому способствует турбулентное перемешивание в зоне горения, подачу дробленного угля с возможностью добавки сорбентов, удаляющих загрязнители и особенно двуокись серы;
- Топки с наддувом и кипящим слоем: аналогичны топкам с кипящим слоем, но работают с давлением выше атмосферного и с более высоким к.п.д.

### 1.2.2 Промышленные, коммерческие, учрежденческие котлы

Промышленные, коммерческие, учрежденческие котлы определяют обычно по используемым в них способам теплообмена и системам сжигания топлива. Подробное рассмотрение различных типов таких котлов можно найти у Оланда (Oland, 2002). Вкратце, существуют следующие системы теплообмена:

- Водотрубные котлы: заполненные водой теплообменные трубы находятся в прямом контакте с горячими газообразными продуктами горения. Обычно используются в углесжигающих установках, но могут работать почти на любом горючем топливе, включая мазут, газ, биомассу, муниципальные твердые отходы и топливо, получаемое при размоле автомобильных шин;
- Котлы с дымогарными трубами: вода окружает трубы, внутри которых проходят горячие газовые продукты горения. Эта конструкция более обычна для пылеугольного топлива, газа и мазута, но котлы различного типа могут также сжигать биомассу и другие виды топлива. Обычно используются в установках низкого давления;
- Чугунные котлы: литые чугунные секции котла содержат каналы как для воды, так и для газообразных продуктов горения. Используются обычно для производства пара низкого давления и горячей воды, работают как правило на мазуте или газе и редко – на угле.

К системам сжигания относятся главным образом следующие:

- Топки: существует широкий выбор топок различных типов и с различными функциями. В топке с нижней подачей как топливо, так и необходимый для горения воздух подаются снизу решетки со сбросом шлака сбоку или сзади. В топке с верхней подачей, которые выполняются либо для подачи навалом, либо, что более распространено, с разбрасывателем, необходимый для горения воздух подается снизу решетки, а топливо распределяется поверх решетки. Механические топки с разбрасывателем и неподвижной решеткой широко используются в сахарной промышленности для сжигания жома сахарного тростника;
- Горелки: эта обширная группа устройств управляет подачей топливовоздушных смесей в топку, позволяя регулировать их скорость, степень турбулентности и концентрацию топлива, необходимые как для воспламенения топлива, так и для его горения.

## 2. Образование ПХДД/ПХДФ, ПХБ и ГХБ при горении

В правильно эксплуатируемой системе горения с целью достижения равномерного и полного сгорания, необходимо обеспечить достаточное время пребывания летучих компонентов топлива при высокой температуре, а также достаточное количество кислорода и степень перемешивания. Когда такие условия отсутствуют, в топке могут образоваться или сохраниться в процессе горения и затем выбрасываться в атмосферу потенциально токсичные полихлорированные дибензо-пара-диоксины (ПХДД), полихлорированные дибензофураны (ПХДФ), полихлорированные бифенилы (ПХБ) и гексахлорбензол (ГХБ) (Van Remmen 1998; UNEP 2005).

На крупных хорошо регулируемых энергетических установках, работающих на ископаемом топливе, образование ПХДД и ПХДФ (и других стойких органических загрязнителей) невелико, так как эффективность сжигания обычно высока, процесс горения устойчив, а сжигаемые виды топлива как правило однородны. И все же возможны выбросы значительных масс, так как выделяются огромные объемы дымовых газов хотя и с малыми концентрациями



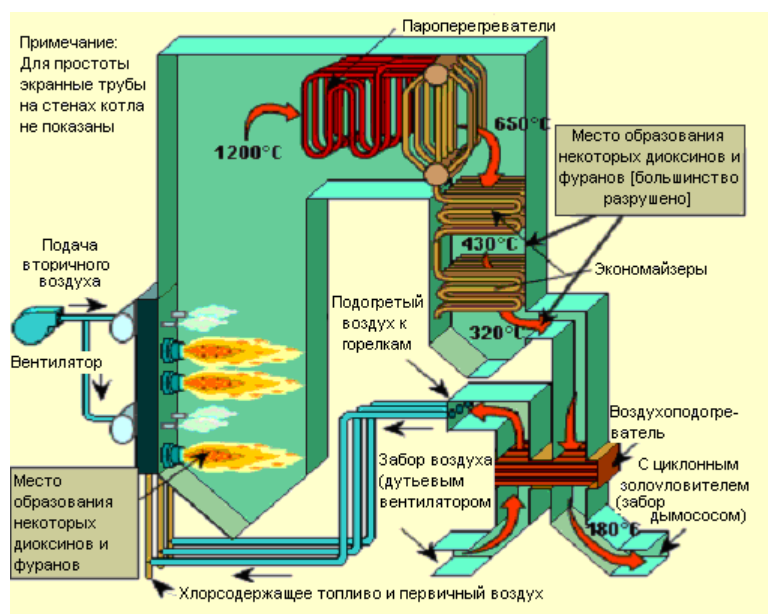
ПХДД и ПХДФ (UNEP 2005). В менее мощных и хуже регулируемых системах существует опасность выброса стойких органических загрязнителей с более высокими концентрациями, хотя и с меньшим массовым выбросом в силу меньшей общей производительности таких систем.

## 2.1 ПХДД и ПХДФ

### 2.1.1 Образование ПХДД и ПХДФ

Известно, что сжигание ископаемого топлива в энергетических или промышленных котлах приводит к образованию значительно меньших количеств ПХДД и ПХДФ, чем сжигание топлива, полученного из отходов (Sloss and Smith 1993; Sloss 2001; Dyke 2004). Гриффин выдвинул в 1986 г. гипотезу, объясняющую образование ПХДД и ПХДФ зависимостью от отношения серы к хлору в исходном топливе (Griffin, 1986). Гипотеза утверждает, что для угля отношение серы к топливу выражается как 5:1, что гораздо больше отношения, найденного для муниципальных твердых отходов. Такое избыточное содержание серы по сравнению с содержанием хлора в ископаемом топливе, например, в угле, сырой нефти и газе, обеспечивает захват молекулярного хлора, тем самым предотвращая образование хлорированных ароматических веществ, которые выделяются при сжигании топлива, полученного из отходов, в котором хлор преобладает над серой.

ПХДД и ПХДФ образуются по самым разным механизмам. На рис. 1 схематически показаны возможные места образования ПХДД и ПХДФ в котле. Дополнительные подробности, касающиеся образования ПХДД и ПХДФ, представлены в Разделе III.C (i) настоящих Руководящих принципов.



**Рис. 1. Места возможного образования ПХДД и ПХДФ в котле**

Источник: С некоторыми изменениями из работы Ричардса (Richards, 2004).

### 2.1.2 Механизмы контроля ПХДД и ПХДФ

Условия горения, качество топлива, а также конструкция установки и условия эксплуатации могут оказывать большое влияние на образование ПХДД и ПХДФ. Показано (Williams 1994; Eduljee and Cains 1996), что условия горения можно улучшить и уменьшить выбросы ПХДД. Лемье (Lemieux, 1998) обобщает работу, выполненную в Агентстве США по охране

окружающей среды, в которой приводятся (в порядке уменьшения значимости) параметры, которые можно регулировать для снижения выбросов ПХДД и ПХДФ:

1. Качество горения, о котором можно судить по:
  - окиси углерода (СО), сумме углеводородов, образованию сажи;
  - захвату и выгоранию твердых частиц;
2. Температурное регулирование загрязнителей воздуха;
3. Параметры топлива и отходов :
  - сера;
  - металлы;
  - хлор.

Требуемых параметров можно достичь с помощью следующих условий (Lemieux, 1998):

- Равномерное распределение высокой температуры горения;
- Хорошее перемешивание с достаточным количеством воздуха;
- Сведение к минимуму количества захваченных газами невыгоревших твердых частиц ;
- Равномерная скорость подачи топлива;
- Активный мониторинг и борьба с СО и суммарными количествами углеводородов.

Наконец, выявлен ряд эксплуатационных параметров устройств, используемых для улавливания загрязнителей воздуха, которые приводят к снижению выбросов ПХДД/ПХДФ. К таким параметрам относятся:

- Низкая температура на входе в устройство для улавливания твердых частиц;
- Уменьшение до минимума времени пребывания газа и твердых частиц в температурном диапазоне 200°– 400° С.

Как уже упоминалось, присутствие серы также тормозит образование ПХДД, о чем свидетельствуют обычно более низкие выбросы от теплоэлектростанций, работающих на угле, а также результаты, полученные при совместном сжигании высокосернистых углей и топлива, полученного из отходов (Tsai et al. 2002). Поэтому может оказаться выгодным поддерживать в топливе высокое содержание серы и низкое содержание хлора (Luthe, Karidio and Uloth 1997), хотя следует понимать, что использование высокосернистых топлив может привести к другому комплексу связанных с загрязнением воздуха проблем.

## **2.2 ПХБ и ГХБ**

Выбросы ПХБ могут появиться при использовании восстановленных масел и других полученных из отходов видов топлива. Сжигание угля – третий по значению глобальный источник выбросов ПХБ (Bailey, 2001). Дополнительные подробности об образовании этих загрязнителей приводятся в Разделе III.C (i) настоящих руководящих принципов. Для борьбы с выбросами ПХБ и ГХБ могут быть применены методы, аналогичные тем, что используются для сведения к минимуму выбросов ПХДД и ПХДФ.

## **3. Влияние вида топлива на образование выбросов**

Ископаемые виды топлива – уголь, мазут и газ – используются для производства пара в котлах по отдельности или совместно с калорийными видами топливами, получаемыми в других технологических процессах. Вид используемого топлива зависит от наличия топлива и экономических показателей технологического процесса.

### 3.1 Легкое дистиллятное топливо и природный газ

Легкое дистиллятное топливо и природный газ всегда сжигают в специально спроектированных горелках. Обычно считается маловероятным, что они порождают большие количества ПХДД и ПХДФ, так как являются очень калорийными, чисто сгорающими топливами, оставляющими мало золы. Возросшее потребление газа для целей получения электроэнергии (вместо нефти и угля) приведет к уменьшению выбросов ПХДД и ПХДФ в энергетической отрасли (UNECE 1998).

### 3.2 Мазут

Мазут (тяжелое высоковязкое топливо) используют как для получения пара, так и с целью производства электрической энергии. Обычно его сжигают в специально сконструированных горелках, установленных на стенах котельной топки. Мазут, который не содержит загрязнителей, дает обычно низкие уровни выбросов органических веществ.

### 3.3 Уголь

Эффективное сжигание угля в больших энергетических установках приводит к очень низким уровням выбросов (Rentz, Götling and Karl, 2002). Использование угля в менее эффективных отраслях промышленности может стать источником значительных местных выбросов (Sloss, 2001). Европейская экономическая комиссия ООН рекомендует (UNECE 1998) повышать энергетический к.п.д. и энергосбережение для энергетических и промышленных котлов мощностью более 50 МВт как метод уменьшения выбросов, обусловленного уменьшением расхода топлива. Однако признается, что, хотя методы улавливания твердых частиц, окислов серы ( $SO_x$ ) и окислов азота ( $NO_x$ ) позволяют уменьшить количество ПХДД и ПХДФ или совсем удалить их (а также, предположительно, ПХБ и ГХБ), к.п.д. улавливания различен. Удаление хлора из подаваемого в топку ископаемого топлива не представляется рентабельным средством уменьшения выбросов ПХДД и ПХДФ (UNECE 1998).

### 3.4 Лигнит

Работающие на лигните теплоэлектростанции обычно расположены вблизи мест его добычи. Поскольку лигнит имеет значительно более низкую по сравнению с углем теплотворную способность, его чаще всего транспортируют от шахтных хранилищ к электростанции с помощью ленточных транспортеров. Сжигание лигнита в пылевидном состоянии и в кипящем слое вполне пригодно для электростанций. Вследствие более низких температур горения, на котлах с использованием распыления лигнита можно добиться выполнения современных нормативов по выбросу  $NO_x$  с помощью основных мер. Поэтому на таких котлах обычно не используют избирательное каталитическое восстановление.

По отчетам (Detzel et al. 1998)<sup>2</sup> выбросы ПХДД и ПХДФ из работающих на лигните энергетических установок находятся в диапазоне 0,0002 - 0.04 нг ТЕQ/нм<sup>3</sup>

### 3.5. Совместное сжигание с другими видами топлив

Большинство энергетических установок работают на каком-либо одном виде топлива, но можно реконструировать котел и систему топливоподготовки для получения смеси других, например, альтернативных видов топлива. Такой процесс совместного сжигания означает возможность одновременного использования более чем одного вида топлива.

Однако нередко котлы не могут использовать альтернативные виды топлива или топливо, полученное из отходов, из-за отсутствия на них устройств борьбы с хлористым водородом, а иногда из-за ограниченных возможностей по сжиганию или из-за опасности коррозии котла. Опасность выброса стойких органических загрязнителей при совместном сжигании с другими

<sup>2</sup> 1 нг (нанограмм) =  $1 \times 10^{-12}$  килограмм ( $1 \times 10^{-9}$  грамм); нм<sup>3</sup> = нормальный кубический метр, объем сухого газа измеренный при 0 °С и 101,3 кПа. Информация об измерениях токсичности приведена в Разд. I.C, параграф 3 настоящих Руководящих принципов.

видами топлива может повыситься, если не сохранить к.п.д. котла с помощью соответствующей реконструкции или введения устройств контроля выбросов.

Отходы (известные также как топливо, полученное из отходов) представляют собой материалы с высокой калорийностью, например, отработанные нефтяные масла, автомобильные шины, древесные отходы и отработанные растворители, которыми можно заменить ископаемое топливо в качестве источника тепловой энергии. Однако, во многих случаях с целью их удаления также сжигаются фракции отходов с низкой калорийностью (такие как обезвоженные осадки сточных вод). Потенциальное загрязнение отходов нежелательными материалами - это проблема, связанная с источником данного вида отхода. В частности, присутствующие в альтернативном топливе ПХБ, ГХБ и хлор либо должны быть специально удалены, либо их количество должно быть ограничено. Дополнительную информацию по вопросам и последствиям использования различных альтернативных топлив можно найти в разделах, посвященных мусоросжиганию, биомассе и нефтяным отходам (разделы V.A, V.B, VI.E и VI.M настоящих Руководящих принципов).

Регулирование качества топлива и хорошие условия сжигания в сочетании с эффективным золоулавливающим устройством обеспечивают, по-видимому, наиболее успешную стратегию уменьшения до минимума количества стойких органических загрязнителей, когда к топливу подмешивают материалы из отходов. В целях наиболее эффективной эксплуатации, материалы из отходов не следует использовать при пусках и остановах котла, т.е. когда условия горения менее поддаются регулированию и менее устойчивы.

Совместное сжигание отходов должно производиться таким образом, чтобы не оказывалось негативное воздействие на возможности удаления твердых остатков (например, зола, пепел, остатки дымовых газов) - смотри раздел V.A (установки для сжигания отходов) настоящих Руководящих принципов.

Если уровень выбросов превышает  $0,1 \text{ нг/нм}^3$ , следует применить имеющиеся дополнительные меры.

#### **4. Оценка выбросов стойких органических загрязнителей из котлов**

Измерение низких уровней ПХДД, ПХДФ, ПХБ и ГХБ, выбрасываемых из котлов при сжигании ископаемого топлива, представляет собой технически сложную и дорогостоящую задачу по сравнению с измерением таких служащих критериями загрязнителями, как двуокись серы, окислы азота и твердые частицы. Несмотря на то, что прямые измерения стойких органических загрязнителей всячески поощряются с целью расширения нашей базы знаний в области выбросов этих токсичных компонентов, понятно, конечно, что в некоторых обстоятельствах такие измерения просто невозможны, за исключением случаев эксплуатации мощных и технически совершенных установок.

При эффективном процессе сжигания уровни загрязнителей могут быть на несколько порядков величины ниже принятых нормативов (Brain et al., ссылка у Sloss, 2001). Следовательно, хотя ПХДД, ПХДФ, ПХБ и ГХБ, может быть, и присутствуют в выбросах, их концентрации могут быть ниже пределов чувствительности имеющихся в настоящее время аналитических методов.

Альтернативой прямым измерениям служит вычисление условного объема выбросов, если известны вид топлива, производительность котла и условия процесса горения. Факторы эмиссии ПХДД и ПХДФ (I-TEQ) для ряда процессов даны в Таблице 1, при этом дополнительная информация о выбросах конкретных конгенеров приводится в Приложении I к настоящему разделу (UNEP 2005).

**Таблица 1. Факторы эмиссии<sup>а</sup> для промышленных тепловых и электрогенерирующих станций при сжигании различных видов ископаемого топлива<sup>б</sup>**

Классификация	Факторы эмиссии - мкг ТЕQ/ТДж сожженного ископаемого топлива		
	воздух	вода	Твердые остатки
1. Энергетические котлы для совместного сжигания ископаемого топлива и отходов	35	ND	ND
2. Энергетические котлы, работающие на угле	10	ND	14
3. Энергетические котлы, работающие на мазуте	2.5	ND	ND
4. Энергетические котлы, работающие на сланцевом дегте	1.5	ND	*
5. Энергетические котлы, работающие на легком дистиллятном топливе или природном газе	0.5	ND	ND

\* Выбросы с твердыми частицами могут быть рассчитаны по массовому балансу

Источник: UNEP 2005

ND – не определено.

а. Эти принимаемые по умолчанию факторы эмиссий основаны на допущении, что сжигание топлива приводит к выбросам ПХДД и ПХДФ, связанным с удалением летучей золы. Выбросы со шлаком ничтожно малы. К.п.д. улавливания твердых частиц возрастает также с улучшением качества систем борьбы с загрязнением воздуха, используемых на установке (UNEP 2003).

б. Основа энергетической производительности: мкг ТЕQ/ТДж потребленного топлива.

Информация по выбросам ПХДД и ПХДФ более доступна, чем по выбросам ПХБ и ГХБ. Если полученное из отходов топливо составляет значительную долю топливной загрузки, представляется целесообразным использование факторов эмиссии, применяемых в отрасли сжигания отходов (UNEP 2003). Что касается выбросов ПХБ и ГХБ, надежные данные для процессов горения в котлах малочисленны либо вообще отсутствуют.

## 5. Наилучшие виды природоохранной деятельности

Наилучшие виды природоохранной деятельности, описанные в этом разделе, представляют собой общие указания, применимые для любых котлов, независимо от их размеров или типа:

- Определить ключевые параметры процесса либо путем исследования на месте эксплуатации, либо по результатам исследования, проведенного на аналогичных установках в другом месте;
- Внедрить меры, обеспечивающие регулирование ключевых параметров процесса;
- Внедрить мониторинг ключевых параметров процесса и протоколы отчетности по ним;
- Внедрить графики планирования и следовать им, выполнять соответствующие графики проведения инспекций и технического обслуживания;
- Внедрить систему управления окружающей средой, четко определяющую ответственность на всех уровнях;
- Обеспечить наличие достаточных ресурсов для реализации и продолжения использования наилучших видов природоохранной деятельности;
- Усовершенствовать технологический процесс с целью устранения узких мест и задержек технического характера;
- Добиться, чтобы весь персонал был должным образом обучен в отношении применения наилучших видов природоохранной деятельности, связанных с его должностными обязанностями;

- Определить технические условия для ключевых параметров топлива и внедрить их мониторинг и протокол отчетности по ним;
- Обеспечить экологически обоснованное обращение с золой, пеплом и остатками дымовых газов;
- В случае совместного сжигания биомассы или отходов эти альтернативные виды топлива следует добавлять только после того, как условия горения в котельной топке установились, и температура горения достигла рабочего значения.

## 6. Наилучшие имеющиеся методы

Для того чтобы уменьшить выброс стойких органических загрязнителей из работающих на ископаемом топливе энергетических и промышленных котлов, необходимо в конструкции и эксплуатации максимально перекрыть пути образования и выброса таких загрязнителей. Этого можно достичь, если обратить серьезное внимание на:

- качество топлива;
- условия горения в топке;
- установку наиболее подходящих устройств для борьбы с загрязнением воздуха.

### 6.1 Основные меры

#### 6.1.1 Технические условия на топливо и контроль за их исполнением

Хотя у большинства видов топлива наблюдаются низкие уровни исходных веществ, способствующих образованию химических веществ, перечисленных в Приложении С Стокгольмской конвенции, посредством образования газа при температурах выше 500°С, необходимо, насколько это возможно, избегать непреднамеренного использования загрязненного топлива, что может способствовать образованию стойких органических загрязнителей. Сказанное особенно справедливо в случае совместного сжигания ископаемого топлива с топливом других видов. Должен быть внедрен надлежащий контроль (например, замеры содержания хлора в топливной смеси во избежание использования отработанных масел, загрязненных ПХБ) с тем, чтобы топливо удовлетворяло требованиям соответствующих технических условий.

#### 6.1.2 Условия горения в топке

Для того чтобы достичь полного сгорания содержащихся в топливе стойких органических загрязнителей, необходимо обращать особое внимание на четыре краеугольных камня высоко эффективного разрушения: температуру, время пребывания, степень турбулентности и избыточный кислород (McKay, 2002). Соблюдение этого условия обеспечит также разрушение исходных, превращающихся в загрязнители, материалов и позволит уменьшить образование сажи, и тем самым создать меньше участков возможного твердого катализа в потоке уходящего охлаждающего газа. В Таблице 2 показано влияние условий горения на выброс загрязнителей при сжигании топлива, полученного из отходов. Хотя значения в Таблице 2 и выше, чем можно было бы ожидать от сжигания ископаемого топлива, они иллюстрируют большое влияние условий горения в топке (Environment Canada, ссылка у Duke 2004).

**Таблица 2. Следовые концентрации органических веществ (нг/см<sup>3</sup> при 12% CO<sub>2</sub>)<sup>a</sup> при сжигании топлива, полученного из отходов**

Вещества	Хорошее горение	Плохое горение
ПХДД (сумма)	70–230	200–600
ПХДФ (сумма)	220–600	700–1300
С <sub>13-6</sub> бензолы <sup>b</sup>	4000–6000	7000–16000

а.  $\text{См}^3$  = стандартный кубический метр, объем сухого газа, измеренный при 15°C и 101,3 кПа (сравните:  $\text{нм}^3$ , нормальный кубический метр, объем сухого газа, измеренный при 0°C и 101,3 кПа).

б. Включают в себя все три-, тетра-, пента- а также полностью замещенные гекса-конгенеры.

Общепринято, что температура, превышающая 900°C (McKay, 2002), и время пребывания газа, равное 2 сек, достаточны для достижения полного окисления ПХДД, если только поток газа достаточно турбулентный и имеется избыток  $\text{O}_2$ . МакКей (McKay, 2002) считает, что для окисления всех стойких органических загрязнителей следует поддерживать температуру в топке выше 1000°C.

К другим важным факторам относятся избыток воздуха и турбулентный режим в топке. Высокая степень турбулентности позволяет избежать образования холодных карманов, в которых не достигаются температуры окисления. Кроме того, высокая степень турбулентности обеспечивает равномерное распределение кислорода, необходимое для полного сгорания топлива, и позволяет избежать зон с субстехиометрическими условиями, при условии наличия избытка воздуха. Для оценки эффективности горения может оказаться полезным мониторинг  $\text{CO}$  в режиме реального времени. Хорошее горение сопровождается низким уровнем выброса  $\text{CO}$  (например, 30-50  $\text{мг/нм}^3$ , 6% кислорода для порошкового угля; < 100  $\text{мг/нм}^3$  для топок с кипящим слоем) (European Commission 2003). Высокие уровни содержания  $\text{CO}$  свидетельствуют о неполном сгорании и об условиях, в которых могут сохраниться или образоваться стойкие органические загрязнители.

Для того чтобы максимально увеличить степень перемешивания и улучшить условия горения при использовании твердого топлива, это топливо предпочтительнее сжигать в виде пыли низкой влажности, а не в виде дробленного или кускового топлива. Испарение – эндотермическая реакция, и, когда влага попадает в топку, температура горения падает. Подача в топку пылевидного топлива обеспечивает, при условии хорошей турбулентности, изотермическое горение по всей топке и оптимальное перемешивание с кислородом.

## 6.2 Дополнительные меры: устройства для борьбы с загрязнением воздуха

Для дополнительного контроля и ограничения выбросов могут быть установлены устройства для борьбы с загрязнением воздуха, хотя в случае энергетических и промышленных котлов, работающих на органических топливах, эти устройства относят к дополнительным мерам. Более подробно об устройствах для борьбы с загрязнением воздуха говорится в Разделе III.C (iv) настоящих Руководящих принципов.

## 6.3 Другие вопросы

Следует отметить, что образование ПХДД, ПХДФ, ПХБ и ГХБ имеет сложный характер, и улавливание твердых частиц в дымовых газах котла еще не означает, что не будет выброса стойких органических загрязнителей. Методы очистки дымовых газов, хотя они и имеют большое значение для охраны окружающей среды, не следует считать единственным решением. Как упоминалось ранее, наиболее важными шагами в направлении минимизации выбросов стойких органических загрязнителей являются качество топлива и регулирование процесса горения.

Улавливание твердых частиц в дымовых газах может приводить к накоплению некоторого количества загрязненных пылевидных отходов, обращаться с которыми следует осторожно как с продуктом, который возможно содержит стойкие органические загрязнители (UNEP 1998). В общем случае, такие продукты горения как летучая зола и топочный шлак, образующиеся при сжигании пылеугольного топлива, содержат очень низкие остаточные уровни стойких органических загрязнителей - концентрация ПХДД менее 1  $\text{пкг I-TEQ/г}$  (Meij and Winkel, 2001). Поэтому вполне вероятно, что методы удаления диктуются желанием предотвратить выброс других возможных загрязнителей, находящихся в уловленном материале, а не присутствующими в нем какими-либо стойкими органическими загрязнителями. Для остаточных материалов, содержащих более высокие уровни загрязнителей, рекомендуется

несколько методов уменьшения количества стойких органических загрязнителей перед удалением остаточных материалов. В число этих методов входят каталитическая обработка при низких температурах и пониженных концентрациях кислорода, экстрагирование тяжелых металлов и сжигание с целью разрушения органического вещества, а также стеклование и плазменная обработка (UNECE 1998).

Сводка мер, охватывающих наилучшие виды природоохранной деятельности и наилучшие имеющиеся методы, дана в Таблице 3.

**Таблица 3. Сводка рекомендуемых мер для работающих на ископаемом топливе энергетических и промышленных котлов**

Область применения	Наилучшие виды природоохранной деятельности	Наилучшие имеющиеся методы	Экологическая польза
Топливо	Выбор топлива Мониторинг топлива Технические условия на топливо	Регулирование поступающего в топку топлива в соответствии с ТУ путем отбраковки, замены, очистки или смешения	Сведение к минимуму стойких органических загрязнителей, попадающих в систему горения
Условия горения	Правильное проектирование топки для заданного топлива Контроль условий горения, в частности: <ul style="list-style-type: none"> <li>• температуры</li> <li>• (&gt; 900° C)</li> <li>• времени (&gt; 1 сек)</li> <li>• турбулентности (высокая)</li> <li>• кислорода (избыток)</li> </ul> Эксплуатация и обслуживание с целью достижения расчетных условий Разработка специальных условий и инструкций по эксплуатации для совместного сжигания, особенно при пуске и останове котла	Автоматизированная или компьютеризованная система регулирования горения с целью поддержания идеальных условий горения Максимальное окисление путем поддержания в топке идеального отношения топливо/кислород	Разрушение веществ, содержащих стойкие органические загрязнители и присутствующих в топливе Сведение к минимуму образования стойких органических загрязнителей в процессе горения
Улавливание частиц	Эксплуатация и обслуживание существующих устройств по борьбе с загрязнением воздуха	Оценка возможности улучшения окружающей среды с помощью устройств для борьбы с загрязнением воздуха Установить устройство для борьбы с загрязнением воздуха, если может быть доказана экологическая польза такого устройства	Сведение к минимуму содержания стойких органических загрязнителей в газах
Удаление отходов	Сбор твердых и жидких отходов в процессе горения и устройство борьбы с	Оценка возможности уменьшения объема отходов и их	Сведение к минимуму и регулирование выброса в окружающую среду



Область применения	Наилучшие виды природоохранной деятельности	Наилучшие имеющиеся методы	Экологическая польза
	загрязнением воздуха Должное обращение с отходами и их хранение, сводящие к минимуму выбросы в окружающую среду	рециркуляции Безопасное удаление	

## 7. Эксплуатационные уровни выбросов, связанные с наилучшими имеющимися методами

Имеющиеся данные позволяют предположить, что для эффективно работающей котельной системы, сжигающей в качестве ископаемого топлива только уголь, мазут или газ, достижимый в эксплуатации уровень объемных выбросов ПХДД и ПХДФ из энергетических и промышленных котлов составляет менее 0,1 нг I-TEQ/нм<sup>3</sup> (содержание кислорода 6% для твердого топлива; 3% - для жидкого топлива).

**Приложение I. Факторы эмиссии<sup>a</sup> ПХДД и ПХДФ в регулируемом процессе сжигания битуминозных и полубитуминозных каменных углей ( TEQ нг/кг<sup>b</sup>)**

Конгенер	Распылительный сушильный абсорбер для десульфуризации дымовых газов и тканевый фильтр <sup>c</sup>	Электрофильтр или тканевый фильтр <sup>d</sup>
2,3,7,8-ТХДД	ND	0,0072
Сумма ТХДД	0,197	0,046
Сумма пента-ХДД	0,353	0,022
Сумма гекса-ХДД	1,50	0,014
Сумма гепта-ХДД	5,00	0,042
Сумма окта-ХДД	14,4	0,208
<b>Сумма ПХДД<sup>e</sup></b>	<b>21,4</b>	<b>0,333</b>
2,3,7,8-ТХДФ	ND	0,026
Сумма ТХДФ	1,25	0,202
Сумма пента-ХДФ	2,42	0,177
Сумма гекса-ХДФ	6,35	0,096
Сумма гепта-ХДФ	22,0	0,038
Сумма окта-ХДФ	68,5	0,033
<b>Сумма ПХДФ<sup>e</sup></b>	<b>101</b>	<b>0,545</b>
<b>Сумма ПХДД и ПХДФ</b>	<b>122</b>	<b>0,880</b>

ND - не определено.

a. Данные EPA (1998) , преобразованные из фунт/т (сожженного угля) в нг/кг.

b. Коэффициенты выбросов следует применять для подаваемого в топку угля в расчете на рабочую массу. Выбросы рассчитывают в нг загрязнителя на кг сожженного угля.

c. Коэффициенты применимы для котлов, оборудованных как распылительным сушильным абсорбером для десульфуризации дымовых газов, так и тканевым фильтром.. SCCs = котлы с пылеугольным сжиганием и холодной воронкой, 1-01-002-02/22, 1-02-002-02/22 и 1-03-002-06/22.

d. Коэффициенты применимы для котлов, оборудованных электрофильтрами или тканевыми фильтрами. SCCs = котлы с пылеугольным сжиганием и холодной воронкой, 1-01-002-02/22, 1-02-002-02/22 и 1-03-002-06/22; а также котлы с циклонными предтопками, 1-01-002-03/23, 1-02-002-03/23 и 1-03-002-03/23.

e. Суммарные ПХДД – это сумма суммарных ТХДД и суммарных окта-ХДД. Суммарные ПХДФ – это сумма суммарных ТХДФ и суммарных окта-ОХДФ.

## Ссылки на литературу

- Bailey R.E. 2001. "Global Hexachlorobenzene Emissions." *Chemosphere* 43:2.
- CIBO (Council of Industrial Boiler Owners). 2002. *Submission to USEPA by Council of Industrial Boiler Owners*. [www.epa.gov/airmarkets/fednox/mar99/bessette.pdf](http://www.epa.gov/airmarkets/fednox/mar99/bessette.pdf).
- Detzel A., Patyk A., Fehrenbach H., Franke B., Gingrich J., Lell M. and Vogt R. 1998. *Investigation of Emissions and Abatement Measures for Persistent Organic Pollutants in the Federal Republic of Germany*. UBA-Texte 75/98. IFEU, Heidelberg.
- Dyke P. 2004. *PCB and PAH Releases from Incineration and Power Generation Processes*. R&D Technical Report P4-052. Environment Agency, Bristol, UK. [www.pops.int/documents/implementation/nips/guidance/en/techrep.pdf](http://www.pops.int/documents/implementation/nips/guidance/en/techrep.pdf).
- Eduljee G.H. and Cains P. 1996. "Control of PCDD and PCDF Emissions from Waste Combustors." In: *Chlorinated Organic Micropollutants* (eds. Hester R.E. and Harrison R.M.) Royal Society of Chemistry, Cambridge.
- Environment Canada. 2004. *Controlling PCBs: The Options Available*. Canadian Council of Resource and Environment Ministers. [www.ec.gc.ca/pcb/ccme\\_fs4/eng/pcb33\\_e.htm](http://www.ec.gc.ca/pcb/ccme_fs4/eng/pcb33_e.htm).
- EPA (United States Environmental Protection Agency). 1998. *External Combustion Sources: Bituminous and Subbituminous Coal Combustion*. Background Report AP-42, 5<sup>th</sup> Edition, Vol. I.
- European Commission. 2003. *Reference Document on Best Available Techniques for Large Combustion Plants*. Draft BAT Reference Document (BREF). European IPPC Bureau, Seville, Spain.
- Griffin R.D. 1986. "A New Theory of Dioxin Formation in Municipal Solid Waste Combustion." *Chemosphere* 15:1987–1990.
- Lemieux P.M. 1998. *Polychlorinated Dioxins and Furans: Sources, Emissions, Formation and Control*. Presented at UNEP Regional Awareness Raising Workshop on POPs, Puerto Iguazu, Argentina, 1–3 April 1998.
- Luthe C., Karidio I. and Uloth V. 1997. "Towards Controlling Dioxins Emissions from Power Boilers Fuelled with Salt-Laden Wood Waste." *Chemosphere* 35:3.
- McKay G. 2002. "Dioxin Characterization, Formation and Minimization during Municipal Solid Waste (MSW) Incineration: Review." *Chemical Engineering Journal* 86:343–368.
- Meij R. and te Winkel H. 2001. *Health Aspects of Coal Fly Ash*. Paper No. 21, 2001 International Ash Utilization Symposium, Kentucky, USA.
- Oland C.B. 2002. *Guide to Low-Emission Boiler and Combustion Equipment Selection*. Report No. ORNL/TM-2002/19. United States Department of Energy, Office of Industrial Technologies. [www.oit.doe.gov/cfm/fullarticle.cfm/id=653](http://www.oit.doe.gov/cfm/fullarticle.cfm/id=653).
- Rentz O., Götting K. and Karl U. 2002. *Exemplary Investigation into the State of Practical Realization of Integrated Environmental Protection with Regard to Large Combustion Plants in Germany*. Project 200 46 317. German Federal Environment Agency. [www.umweltdaten.de/nfp-bat-e/feuerungsanlagen-e.pdf](http://www.umweltdaten.de/nfp-bat-e/feuerungsanlagen-e.pdf).
- Richards J. 2004. *Basic Concepts in Environmental Sciences*. [www.epin.ncsu.edu/apti/ol\\_2000/module6/dioxins/control/contfram1.htm](http://www.epin.ncsu.edu/apti/ol_2000/module6/dioxins/control/contfram1.htm).
- Sloss L.L. 2001. *Organic Compounds from Coal Utilisation*. International Energy Agency Coal Research, London. [www.enel.it/ambiente/directory/iea\\_VOC\\_pf01-08.pdf](http://www.enel.it/ambiente/directory/iea_VOC_pf01-08.pdf).
- Sloss L.L. and Smith I.M. 1993. *Organic Compounds from Coal Utilization*. International Energy Agency Coal Resources Report IEACR/63. London.
- Tsai M.-Y., Wu K.-T., Huang C.-C. and Lee H.-T. 2002. "Co-firing of Paper Mill Sludge and Coal in an Industrial Circulating Fluidized Bed Boiler." *Waste Management* 22:4.

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). 2003. *Guidelines on BAT and BEP for Municipal Waste Incineration*. Draft. UNEP, Geneva. [www.pops.int/documents/meetings/bat\\_bep/2nd\\_session/inf10/EGB2\\_INF10\\_munwaste\\_incineration.pdf](http://www.pops.int/documents/meetings/bat_bep/2nd_session/inf10/EGB2_INF10_munwaste_incineration.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%202-%20version/Toolkit-2005\\_2-1\\_en.pdf](http://www.chem.unep.ch/pops/pcdd_activities/toolkit/Toolkit%202-%20version/Toolkit-2005_2-1_en.pdf).

Van Remmen T. 1998. "Evaluation of the Available Air Pollution Control Technologies for the Achievement of the MACT Requirements in the Newly Implemented New Source Performance Standards (NSPS) and Emission Guidelines (EG) for Hospital and Medical/Infectious Waste Incinerators." *Waste Management* 18:393–402.

Williams P.T. 1994. "Pollutants from Incineration: An Overview." In: *Waste Incineration and the Environment* (eds. Hester R.E. and Harrison R.M.) Royal Society of Chemistry, Cambridge.

## Другие источники

ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry). 2004. [www.atsdr.cdc.gov/](http://www.atsdr.cdc.gov/).

BREDL (Blue Ridge Environmental Defence League). 2000. *Clean Air Campaign*. [www.bredl.org/air/riverbend-danriver.htm](http://www.bredl.org/air/riverbend-danriver.htm).

Buekens A. and Huang H. 1998. "Comparative Evaluation of Techniques for Controlling the Formation and Emission of Chlorinated Dioxins/Furans in Municipal Waste Incineration." *Journal of Hazardous Materials* 62:1–33.

Eduljee G.H. 1994. "Organic Micropollutant Emissions from Waste." In: *Waste Incineration and the Environment* (eds. Hester R.E. and Harrison R.M.) Royal Society of Chemistry, Cambridge.

Egyptian Environmental Affairs Agency. 2004. *National Implementation Plan Project of POPs Convention*. [www.eea.gov.eg/English/NIPP/NIPP\\_conv.asp](http://www.eea.gov.eg/English/NIPP/NIPP_conv.asp).

EPA (United States Environmental Protection Agency). 1997. *Locating and Estimating Air Emissions from Sources of Dioxins and Furans*. EPA-454/R-97-003. EPA, Office of Air Quality Planning and Standards, Office of Air and Radiation, Washington, D.C.

EPA (United States Environmental Protection Agency). 1998. *The Inventory of Sources of Dioxin in the United States*. EPA, Washington, D.C. [www.epa.gov/ttnchie1/le/dioxin.pdf](http://www.epa.gov/ttnchie1/le/dioxin.pdf).

EPA (United States Environmental Protection Agency). 2000. *Exposure and Health Assessment for 2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-p-dioxin (TCDD) and Related Compounds*. Draft. EPA, Washington, D.C. [www.epa.gov/ncea/pdfs/dioxin/part2/fm-chap9.pdf](http://www.epa.gov/ncea/pdfs/dioxin/part2/fm-chap9.pdf).

EPA (United States Environmental Protection Agency). 2003. *PCDD and PCDF: Sources and Regulations Addendum*. EPA, Washington, D.C. [epa.gov/bns/dioxin/PCDD\\_DF\\_regs.PDF](http://epa.gov/bns/dioxin/PCDD_DF_regs.PDF).

EPRI (Electric Power Research Institute). 1994. *Electric Utility Trace Substances Synthesis Report*. TR-104614. EPRI, Palo Alto, California.

Hagenmaier H., Kraft M., Haag R. and Brunner H. 1988. In: *Energy Recovery through Waste Combustion* (eds. Brown A., Evemy P. and Ferrero G.L.) Elsevier Applied Science.

Harrad S. 1996. "Sources and Fates of Polychlorinated Dibenzo-p-dioxins, Dibenzofurans and Biphenyls: The Budget and Source Inventory Approach." In: *Chlorinated Organic Micropollutants* (eds. Hester R.E. and Harrison R.M.) Royal Society of Chemistry, Cambridge.

IPEN (International POPs Elimination Network). 2003. *Information Relevant to the Basel Convention's Hazardous Characteristic H11*. [www.ciel.org/Publications/POPs\\_Basel\\_Sep03.pdf](http://www.ciel.org/Publications/POPs_Basel_Sep03.pdf).

- Kreisz S., Hunsinger H. and Seifert H. 2000. "Polypropylene as Regenerable Absorber for PCDD/F Emission Control." *Chemosphere* 40:1029–1031.
- Lohmann R. and Jones K.C. 1998. "Dioxins and Furans in Air and Deposition: A Review of Levels, Behaviour and Processes." *The Science of the Total Environment* 219:53–81.
- Magasiner N. 1996. "Bagasse-Fired Boiler Design with Reference to Co-generation." *International Sugar Journal* 98:100.
- Magasiner N., van Alphen C., Inkson M.B. et al. 2002. "Characterising Fuels for Biomass: Coal-Fired Cogeneration." *International Sugar Journal* 104:251.
- Manno J., Riedel D. and Trembley N. 1995. *Effects of Great Lakes Basin Environmental Contaminants on Human Health*. SOLEC Working Paper presented at State of the Great Lakes Ecosystem Conference. EPA, Washington, D.C. [www.epa.gov/grtlakes/solec/94/health](http://www.epa.gov/grtlakes/solec/94/health).
- New Zealand Ministry for the Environment. 2000. *New Zealand Inventory of Dioxin Emissions to Air, Land and Water, and Reservoir Sources*. [www.mfe.govt.nz/publications/hazardous/dioxin-emissions-inventory-mar00.pdf](http://www.mfe.govt.nz/publications/hazardous/dioxin-emissions-inventory-mar00.pdf).
- Oberg T. and Bergstrom J. 1985. "Hexachlorobenzene as an Indicator of Dioxin Production from Combustion." *Chemosphere* 14:1081–1086.
- Olsen A. 2001. *Co-burning Biomass Opportunities in Wisconsin: A Strategic Assessment*. Final Report. Contract No. 80081, Division of Energy. [www.doa.state.wi.us/docs\\_view2.asp?docid=56](http://www.doa.state.wi.us/docs_view2.asp?docid=56).
- Rigo H.G., Chandler A.J. and Lanier W.S. 1995. *The Relationship between Chlorine in Waste Streams and Dioxin Emissions from Waste Combustor Stacks*. American Society of Mechanical Engineers. [www.heartland.org/pdf/23143b.pdf](http://www.heartland.org/pdf/23143b.pdf).
- Ruuskanen J., Vartiainen T. et al. 1994. "Formation of Polychlorinated Dibenzo-p-dioxins and Dibenzofurans in Co-combustion of Mixed Plastics with Coal: Exploratory Principal Component Analysis." *Chemosphere* 28:11.
- Tillman D.A. 2000. "Biomass Co-firing: The Technology, the Experience, the Combustion Consequences." *Biomass and Bioenergy* 19:6.
- Van den Berg M., Birnbaum L., Bosveld B.T.C., Brunstrom B., Cook P., Feeley M., Giesy J.P., Hanberg A., Hasegawa R., Kennedy S.W., Kubiak T., Larsen J.C., van Leeuwen F.X.R., Liem A.K.D., Nolt C., Peterson R.E., Poellinger L., Safe S., Schrenk D., Tillitt D., Tysklind M., Younes M., Waern F. and Zacharewski T. 1998. "Toxic Equivalency Factors (TEFs) for PCBs, PCDDs, PCDFs for Humans and Wildlife." *Environmental Health Perspectives* 106:775–792.
- WHO (World Health Organization). 1998. *Assessment of the Health Risks of Dioxins: Re-evaluation of the Tolerable Daily Intake (TDI)*. Executive Summary of the WHO Consultation, 25–29 May 1998. WHO, Geneva.
- Yan J.Y., Alvfors P., Eidensten L. and Svedberg G. 1997. "A Future for Biomass." *Mechanical Engineering* 119:10.
- Zevenhoven R. and Kilpinen P. 2001. *Control of Pollutants in Flue Gases and Fuel Gases*. [www.hut.fi/~rzevenho/gasbook](http://www.hut.fi/~rzevenho/gasbook).
-

## **Раздел VI**

### **Указания и руководящие принципы по категориям источников:**

#### **Категории источников в Части III Приложения С**

#### **Категория источников (e): Установки для сжигания древесного топлива и других топливных биомасс**

## Содержание

VI.E	Установки для сжигания древесного топлива и других топливных биомасс .....	3
1.	Введение .....	3
2.	Технологические процессы сжигания топливных биомасс .....	4
2.1	Выбор технологии и типа топки .....	4
2.2	Слоевые топки .....	6
2.3	Сжигание в кипящем слое .....	7
2.4	Другие технологии сжигания древесного топлива .....	7
2.5	Методы преобразования энергии .....	8
2.6	Совместное сжигание (необработанного) дерева и древесных биомасс .....	8
2.7	Газификация дерева .....	9
2.8	Сжигание других биомасс .....	9
2.9	Котлы-утилизаторы в целлюлозно-бумажной промышленности .....	10
2.10	Сжигание торфа .....	10
3.	Меры борьбы с выбросами .....	10
3.1	Основные и дополнительные меры .....	10
3.2	Характеристики топлива .....	12
4.	Продукты процессов .....	12
4.1	Образование ПХДД и ПХДФ в процессах сжигания .....	12
4.2	Выбросы ПХДД/ПХДФ .....	13
5.	Наилучшие имеющиеся методы и наилучшие виды природоохранной деятельности ...	15
5.1	Основные меры и оптимизация процесса для снижения выбросов ПХДД/ПХДФ .....	15
5.2	Дополнительные меры .....	16
6.	Эксплуатационные уровни, связанные с наилучшими имеющимися методами .....	16
7.	Эксплуатационный мониторинг и отчетность .....	17
	Ссылки на литературу .....	18

## Таблицы

Таблица 1.	Типы используемых топливных биомасс .....	4
Таблица 2.	Типы топок, работающих на биомассе, их особенности, виды топлива .....	5
Таблица 3.	Меры борьбы с выбросами ПХДД/ПХДФ в топках для сжигания биомассы .....	11
Таблица 4.	Концентрации ПХДД/ПХДФ для различных видов древесного топлива .....	13
Таблица 5.	Выбросы ПХДД/ПХДФ при сжигании различных видов биомассы .....	14
Таблица 6.	Выбросы ПХДД/ПХДФ из котлов, утилизирующих черный щелок .....	14

## Рисунки

<a href="#">Рис. 1. Общая схема топки с вибрирующей решеткой</a> .....	7
<a href="#">Рис. 2. Общая схема топки со сжиганием в циркулирующем кипящем слое</a> .....	8

## **VI.E Установки для сжигания древесного топлива и других топливных биомасс**

### **Резюме**

Главная цель установок для сжигания древесного топлива и других топливных биомасс – преобразование энергии. В крупных установках сжигания древесного топлива и других топливных биомасс в основном используются топки с кипящим слоем и слоевые топки. В установках небольших размеров применяются слоевые топки с нижней подачей топлива и циклонные топки с горением топлива во взвешенном состоянии. В котлах-утилизаторах, используемых в целлюлозной и бумажной промышленности, применяют специальные условия горения. Выбор технологического процесса сжигания связан со свойствами топлива и требуемой тепловой мощностью.

При сжигании древесного топлива и других топливных биомасс, особенно загрязненных топлив, могут образовываться химические вещества, перечисленные в Приложении С Стокгольмской конвенции. На установках для сжигания топливных биомасс, особенно для сжигания древесины, уровни выбросов при использовании наилучших имеющихся методов обычно ниже 0,1 нг I-TEQ/нм<sup>3</sup>. Среди основных мер ключевой является регулирование качества топлива (в частности, исключение химически обработанного дерева). Меры по регулированию процесса сжигания незагрязненных биомасс включают в себя методы оптимизации горения и улавливание мелких твердых частиц. Сжигание соломы увеличивает загрязнение поверхностей и требует методов сжигания, которые нечувствительны к шлакованию золы.

Следует избегать сжигания загрязненной биомассы, например, древесных отходов, на таких установках. Летучая зола (особенно, самая тонкая фракция) от сгорания топливной биомассы должна быть захоронена из-за высокого содержания в ней тяжелых металлов. Во многих странах, включая страны Европейского Союза, древесина, обработанная соединениями хлора или тяжелыми металлами, рассматривается как отходы и подпадает под действие директив и правил в отношении сжигания отходов.

К другим экологическим выгодам, которые приносит применение наилучших имеющихся методов и наилучших видов природоохранной деятельности, относятся сохранение ресурсов и отсутствие выбросов двуоксида углерода, появляющейся при сжигании ископаемых топлив (в случае замены топлив).

### **1. Введение**

В настоящее время около 12% мировой потребности в энергии обеспечивается сжиганием топливной биомассы, начиная с древесины и древесных отходов и кончая зерновыми культурами и черным щелоком. В Таблице 1 приводятся некоторые из используемых видов материалов. Для преобразования такой биомассы в полезную энергию применяются самые разные установки. В развивающихся странах около 35% используемой энергии получается в результате сжигания биомассы, но большая ее часть используется не для промышленных целей, а в традиционных устройствах вроде кухонных печей (см. Раздел VI.C настоящих руководящих принципов). В такой стране как Непал свыше 90% первичной энергии производится путем сжигания традиционных топливных биомасс, в основном лесной древесины.

В этом разделе рассматриваются наилучшие имеющиеся методы и наилучшие виды природоохранной деятельности для применения в отношении крупномасштабных производств, например, в промышленности, выработке электроэнергии и теплоснабжении микрорайонов, где в качестве источника энергии используют сжигание топливных биомасс.



Загрязненная древесина и другие загрязненные биоматериалы могут быть результатом многих видов антропогенной деятельности, особенно деревообработки (например, стройматериалы, мебель, упаковочные материалы, игрушки, кораблестроение и строительство). Отходы дерева/биоматериалов могут содержать краски, покрытия, пестициды, консерванты, противогнилостные средства и многие другие загрязнения. Эти материалы могут усилить образование ПХДД/ПХДФ во время горения. Следует избегать их использования в установках для сжигания в целях преобразования энергии, и их следует сжигать только в специально для этого предназначенных установках для сжигания опасных отходов. Более подробная информация приведена в Разделе V.A настоящих руководящих принципов.

**Таблица 1. Типы используемых топливных биомасс**

Дерево: опилки, кора, стружки, древесные гранулы
Древесина и бревна
Солома
Отходы цитрусовых
Скорлупа кокосовых орехов
Скорлупа орехов (например, миндаля, арахиса)
Кожура зерен кофе
Рисовая шелуха
Торф
Жом сахарного тростника
Навоз
Черный щелок в производстве бумаги

В промышленных странах суммарный вклад топливных биомасс в вырабатываемую первичную энергию составляет всего 3%, но ожидается, что этот показатель вырастет, поскольку многие страны используют топливные биомассы вместо сжигания ископаемого топлива с целью уменьшения эмиссии парниковых газов. Это главным образом включает сжигание топливных биомасс в современных установках на коммерческой основе (например, установки для сжигания стружек для одновременной выработки тепла и энергии). К другим применениям относятся бытовые установки для отопления и приготовления пищи, снабжение теплом промышленных предприятий и мощные энергетические установки с углесжигающими котлами (IEA Bioenergy 2004).

## **2. Технологические процессы сжигания топливных биомасс**

### **2.1 Выбор технологии и типа топки**

При выборе технологии важное значение имеют суммарное тепловыделение и количество древесного топлива. В случае крупномасштабных установок наиболее пригодны сжигание в кипящем слое и топки со слоевым сжиганием. В установках небольших размеров применяются слоевые топки с нижней подачей топлива и циклонные топки с горением топлива во взвешенном состоянии. В Таблице 2 приведены типичные тепловые мощности и требуемые свойства топлива для различных типов устройств, работающих на древесном топливе.

**Таблица 2. Типы топок, работающих на биомассе, их особенности, виды топлива**

Особенности установки	Тип	Типичный диапазон мощности <sup>a</sup>	Топливо	Зола	Влажность
Ручное управление	Котлы, работающие на поленьях	5–50 кВт	Поленья, липкие древесные остатки	< 2	5–30
Автоматическое управление	Топки с нижней подачей топлива	20 кВт–2,5 МВт	Древесная щепа, древесные остатки	< 2	5–50
	Топка с движущейся решеткой	150 кВт–15 МВт	Все древесные топлива и большинство биомасс	< 50	5–60
	Предварительная сушилка с решеткой	20 кВт–1,5 МВт	Сухая древесина (остатки)	< 5	5–35
	Топка с нижней подачей топлива и вращающейся решеткой	2–5 МВт	Древесная щепа с высокой влажностью	< 50	40–65
	Поджиговая горелка	3–5 МВт	Соломенные кипы	< 5	20
	Топки, работающие на целых кипах	3–5 МВт	Целые кипы	< 5	20
	Топки, работающие на соломе	100 кВт–5 МВт	Соломенные кипы с резаками	< 5	20
	Неподвижный кипящий слой	5–15 МВт	Различная биомасса $d < 10$ мм	< 50	5–60
	Циркулирующий кипящий слой	15–100 МВт	Различная биомасса $d < 10$ мм	< 50	5–60
	Камера сгорания на пылевидном топливе, несущий поток	5–10 МВт	Различная биомасса $d < 5$ мм	< 5	< 20
Совместное сжигание <sup>b</sup>	Неподвижный кипящий слой	Суммарно 50–150 МВт	Различная биомасса $d < 10$ мм	< 50	5–60
	Циркулирующий	Суммарно	Различная биомасса	< 50	5–60

Особенности установки	Тип	Типичный диапазон мощности <sup>a</sup>	Топливо	Зола	Влажность
	кипящий слой	100–300 МВт	d < 10 мм		
	Поджиговая горелка	Солома 5–20 МВт	Соломенные кипы	< 5	20
	Пылеугольные котельные топки	Суммарно 100 МВт – 1 ГВт	Различная биомасса d < 2–5 мм	< 5	< 20

a. кВт = киловатт; МВт = мегаватт; ГВт = гигаватт.

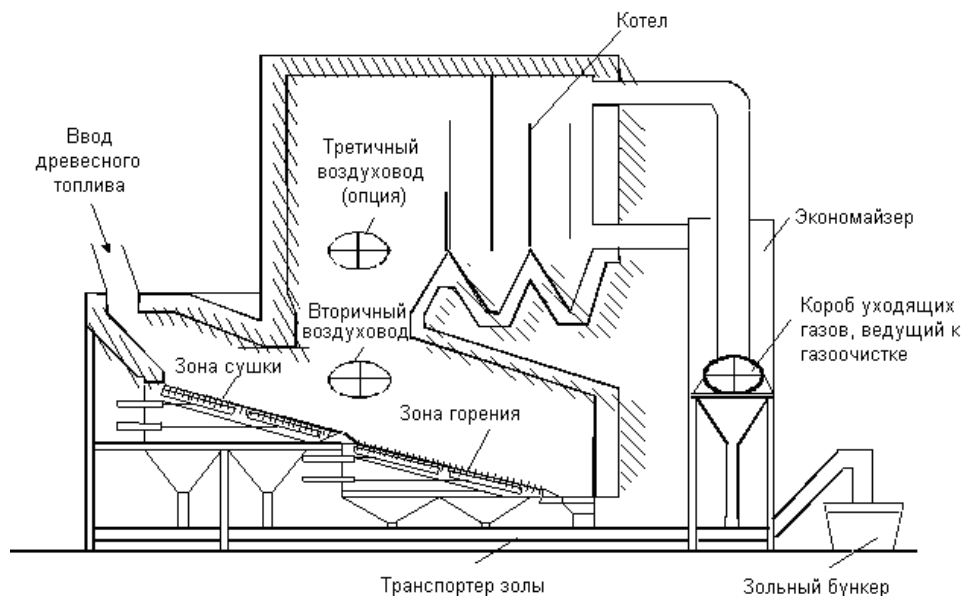
b. На биомассу приходится обычно менее 10% суммарной подачи топлива.

Источник: Nussbaumer 2003.

Типичная биомасса на основе древесины содержит меньше 5% золы; более высокое содержание золы может быть отнесено к другим видам биомасс, таким как осадки сточных вод. Утилизация золы является важной проблемой, поскольку она может содержать непреднамеренно произведенные стойкие органические загрязнители и другие токсичные вещества в зависимости от источника сжигаемого материала (дополнительную информацию см. в Разделе III.C, iv, подраздел 2.1 настоящих руководящих принципов).

## 2.2 Слоевые топки

Системы со слоевыми топками в настоящее время наиболее широко используются при сжигании древесных отходов и древесных остатков. В соответствии с технологией сжигания в слое, древесное топливо движется по камере сгорания, в которой могут быть использованы неподвижные наклонные решетки, цепные колосниковые решетки, вибрирующие решетки (Рис. 1) или движущиеся колосниковые решетки. Системы со слоевыми топками пригодны для всех типов древесных остатков и древесных отходов с размером кусков в диапазоне 20 – 300 мм. С другой стороны, мелкие древесные частицы в виде древесной пыли могут вдуваться через дополнительные шлицы. Главное влияние на эффективность горения, как на цепных, так и на вибрирующих решетках оказывает направление движения топлива и воздуха. Что касается производства водяного пара, конструкция слоевой топки предлагает различные варианты снижения первичных выбросов, включая ступенчатое сжигание и рециркуляцию отходящих газов. Капитальные затраты для систем со слоевыми топками сильно зависят от используемой технологии сжигания на решетке и технологии очистки уходящих газов. По сравнению с установками сжигания топлива в кипящем слое (особенно при малых мощностях), удельные по отношению к суммарному тепловыделению капитальные затраты значительно ниже (CSTB 2000).

**Рис. 1. Общая схема топки с вибрирующей решеткой**

### 2.3 Сжигание в кипящем слое

Сжигание в кипящем слое используется для различных типов твердых топлив. В типичном котле с сжиганием в кипящем слое твердое топливо с помощью вдуваемого воздуха поддерживается в псевдооживленном состоянии вместе с инертным материалом слоя, состоящим в основном из известняка или песка и золы топлива. При сжигании дерева главным образом используются две основные технологии сжигания в кипящем слое – атмосферное сжигание в барботирующем кипящем слое и атмосферное сжигание в циркулирующем кипящем слое (Рис. 2). Сжигание в кипящем слое пригодно даже для топлива самого низкого качества и для самых разных топлив. В случае сжигания дерева можно использовать почти все виды древесных остатков и древесных отходов. Возможно даже сжигание при влажности дерева, достигающей 60%. Системы с кипящим слоем пригодны даже для работы с низкими нагрузками. В общем случае возможна работа с колебаниями нагрузки между низкой и высокой без помощи другого топлива и с большей скоростью, чем при других технологиях сжигания.

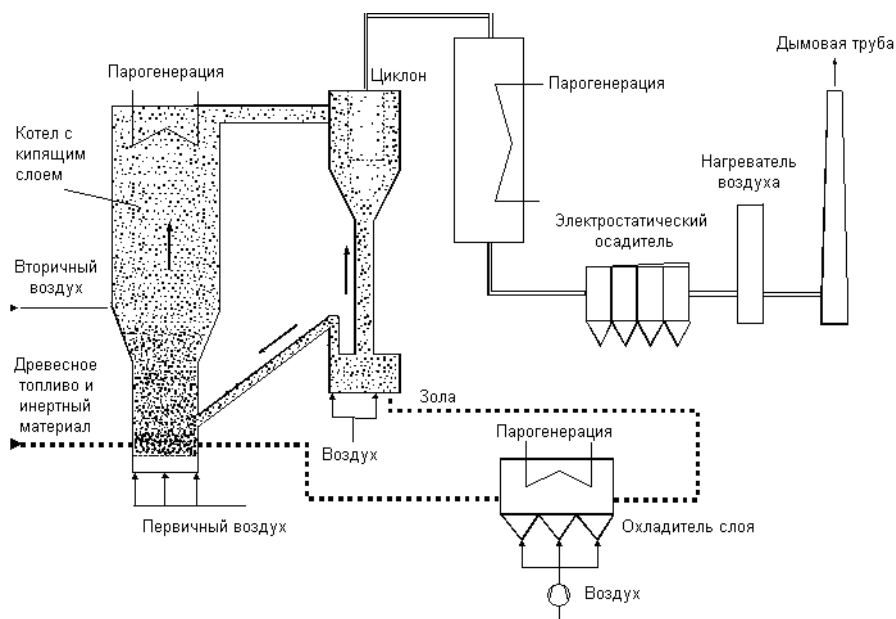
Высокотемпературную хлористую коррозию можно подавить, разместив последнюю ступень пароперегревателя в слое. Низкая температура горения в системах с кипящим слоем в сравнении со многими другими технологиями сжигания дает несколько эксплуатационных преимуществ в части борьбы с выбросами. На капитальные затраты для установок с сжиганием в кипящем слое в основном влияет используемая технология сжигания и тип установленных устройств очистки отходящих газов. В случае котлоагрегатов с тепловой работой ниже 30 МВтч сжигание с циркулирующим кипящим слоем требует значительно более высоких удельных капитальных затрат, чем сжигание в барботирующем кипящем слое (CSTB 2000).

### 2.4 Другие технологии сжигания древесного топлива

В число других технологий сжигания древесного топлива входят топки с нижней подачей топлива, циклонные топки с горением топлива во взвешенном состоянии (муфельные топки), вращающиеся топки, топки с турбулентной холодной воронкой, топки с дутьевым вентилятором и горелки, работающие на пылевидном топливе. Топки с нижней подачей топлива особенно пригодны для сжигания сухих и не особенно крупных кусков дерева с низким содержанием золы. Эта технология сжигания используется для суммарной тепловой нагрузки до 5 МВтч. В сравнении с топкой, оборудованной обычной решеткой, удельные капитальные затраты обычно ниже.

Поскольку циклонные топки с горением топлива во взвешенном состоянии требуют, чтобы содержание пылевидного топлива составляло минимум 50%, их применение ограничивается в основном деревообрабатывающей промышленностью. Горелки, работающие на пылевидном топливе, используются для древесной пыли с размером частиц до 1 мм. Установки с такого типа горелками включают в себя сушилки древесной щепы и вдувание древесной пыли в цементные печи (CSTB 2000).

**Рис. 2. Общая схема топки со сжиганием в циркулирующем кипящем слое**



## 2.5 Методы преобразования энергии

В случаях преобразования энергии, на участке за работающими на древесном топливе топками могут устанавливаться теплообменные системы (котлы) и системы для комбинированного производства тепла и электричества (например, паровые турбины, паровые двигатели). Тип используемого котла зависит от теплоносителя, мощности установки и требуемого качества энергии. Котлы с дымогарными трубами используют для производства горячей воды или водяного пара и они оборудуются небольшими или среднего размера топками, работающими на древесном топливе. Тепло в котле передается только путем конвекции. Водотрубные котлы используют в крупных и средних установках для сжигания древесных отходов. Вода, подлежащая испарению, проходит по трубам, омываемым снаружи горячими топочными газами. Тепло передается воде главным образом радиацией. По сравнению с котлами с дымогарными трубами в водотрубных котлах возможны значительно более высокие давления, достигающие 100 бар. В установках, следующих за топками, работающими на древесном топливе, обычно вырабатывается только тепло либо тепло совместно с электричеством. По этой причине конденсационные электростанции можно не принимать во внимание. Тем не менее, установки для совместной выработки тепловой и электрической энергии тоже нуждаются в конденсационном оборудовании на случай, когда тепловая энергия не используется (CSTB 2000).

## 2.6 Совместное сжигание (необработанного) дерева и древесных биомасс

Совместное сжигание означает сжигание древесных отходов и древесных остатков одновременно с другими отходами или ископаемыми топливами. Цель заключается в получении синергического эффекта при взаимодействии двух технологических процессов сжигания. Получаемая при этом

польза включает в себя экономию эксплуатационных расходов в результате использования более дешевых дополнительных топлив и более эффективное горение в комбинированном процессе по сравнению с двумя процессами, осуществляемыми по отдельности. В отношении древесных отходов и древесных остатков соответствующие практические методы включают в себя совместное сжигание в цементных печах, совместное сжигание в работающих на угле энергетических установках, совместную газификацию с ископаемыми топливами и отходами и совместное уничтожение в мусоросжигающих установках (CSTB 2000). Дополнительную информацию можно найти в Разделах V.A, V.B и VI.D настоящих руководящих принципов.

## **2.7 Газификация дерева**

Газификация дерева и древесных остатков представляет собой превращение твердых и жидких остатков, полученных при термохимическом разложении органического вещества древесины в условиях высокой температуры в газообразное топливо в результате введения в процесс окислительных реагентов. Главная цель газификации дерева – перевести как можно большее количество содержащейся в древесном сырье химической энергии в газовую фракцию (генераторный газ), состоящую в основном из горючих газовых продуктов низкого молекулярного веса.

Имеющиеся методы газификации в общем связаны с типом реактора. Двумя основными имеющимися методами газификации являются газификация в неподвижном слое и газификация в кипящем слое. В случае газификации дерева газогенераторы с неподвижным слоем применяют предпочтительно при малых суммарных тепловыделениях, не превышающих 5 МВтч. При более высоких тепловыделениях в основном используют газогенераторы с кипящим слоем.

Энергию, содержащуюся в полученном при газификации генераторном газе, можно использовать либо в качестве тепловой энергии при сжигании газа в котельной топке, либо для другого теплового процесса (отдельно или при совместном сжигании, например, в существующем энергетическом котле или в цементной печи), либо для получения механической энергии с целью выработки электроэнергии в газовых двигателях или газовых турбинах. Возможно также применение генераторного газа в процессе синтеза метана или в топливных элементах.

Тип системы, необходимой для очистки генераторного газа, определяется концентрацией загрязнений и требованиями, налагаемыми методом использования этого газа. В зависимости от метода использования газа, газоочистка требуется для предотвращения эрозии, коррозии и нежелательных отложений, а также для обеспечения допускаемых нормативами предельных выбросов. Можно выделить две разные концепции газоочистки – холодную (или влажную) газоочистку и горячую газоочистку. Горячая газоочистка считается выгодной для передовых высоко эффективных систем благодаря их более высоким достижимым электрическим и общим к.п.д. и благодаря отсутствию в них загрязненной отработавшей воды или конденсата. Несмотря на то, что газификация является проверенным и надежным процессом, на всех электрогенераторных установках (будь то газовая турбина или газовый двигатель) газоочистка все ещё остается ограничивающим работу узлом. Проблемы, связанные с процессом очистки газа, включают в себя регулирование процесса, затраты на удаление газификационных остатков, а также высокие капитальные и эксплуатационные расходы на самом агрегате очистки газа (CSTB 2000).

## **2.8 Сжигание других биомасс**

В число других топливных биомасс входят другие биоматериалы вроде соломы или отходов сельскохозяйственных культур, а также такие жидкие топлива как рапсовое масло. При сжигании соломы требуются методы, не чувствительные к ошлакованию золы. Поскольку в этом случае по сравнению со сжиганием дерева увеличивается образование минеральных веществ и хлора, растут и выбросы золы, хлористого водорода (HCl), полихлорированных дибензо-п-диоксинов (ПХДД) и

полихлорированных дибензофуранов (ПХДФ) (LfU, 2002). Примерные результаты испытаний на выбросы приведены ниже, в подразделе 4.

## **2.9 Котлы-утилизаторы в целлюлозно-бумажной промышленности**

В производстве целлюлозы используют механические, термомеханические, химико-механические и химические методы (см. Раздел V.C настоящих руководящих принципов). При химической варке целлюлозы волокна разрушают химическим способом. Химические вещества используются в процессе варки с тем, чтобы войти в полость волокна и растворить лигнин в клеточных стенках, получив доступ к срединным пластинкам. Чтобы освободить волокна, лигнин необходимо удалить из пластинок. Таким образом, лигнин и многие другие органические вещества переводятся в раствор. Химические вещества, используемые в сульфатном процессе производства целлюлозы (процесс Крафта) и в сульфитном процессе извлекаются из раствора путем сжигания в котлах, что позволяет также утилизировать энергию.

Котлы-утилизаторы в сульфатном процессе (Крафта) работают на первой ступени с восстановительной средой, что ведет к образованию сульфида натрия. Расплавленный остаток состоит из сульфида натрия и карбоната натрия. На второй и третьей ступенях процесса сжигания для обеспечения полного выгорания осуществляется ступенчатая подача необходимого для горения воздуха. Здесь могут подаваться собранные пахучие газы.

Котлы-утилизаторы в сульфитном процессе не работают со ступенчатым сжиганием. Сжигание происходит в окислительной среде с малым избытком воздуха.

## **2.10 Сжигание торфа**

В рамках Европейского Союза торф как топливо имеет важное значение в Ирландии и Финляндии. Процесс сжигания торфа аналогичен процессу сжигания угля (Раздел VI.D настоящих руководящих принципов). В настоящее время торф в основном сжигают в котлах с кипящим слоем (горение в барботажных и циркулирующих слоях). Такие котлоагрегаты обычно имеют тепловую мощность менее 200 МВт и производят как электричество, так и электричество для нужд местной промышленности или районной системы теплоснабжения. Работающие на торфе котлы обычно рассчитаны и на сжигание других низкокалорийных топлив, а иногда на сжигание угля. Мазут обычно используют в качестве подсвечивающего топлива при растопках котлов.

Благодаря своим характеристикам торф применим для совместного сжигания с древесным топливом. С технической точки зрения, использовать в существующих установках только древесное топливо было бы труднее по причинам коррозии и золового заноса. Способность сжигать торф обеспечивает также непрерывное снабжение топливом в районах с недостаточным для удовлетворения спроса количеством древесного топлива (European Commission 2006).

# **3. Меры борьбы с выбросами**

## **3.1 Основные и дополнительные меры**

Уменьшение выбросов ПХДД/ПХДФ включает в себя основные и дополнительные меры, сведенные в Таблицу 3 (Baumbach and Zuberbühler, 2002; CSTB, 2000; LfU, 2002).

Касающиеся биомасс основные и дополнительные меры аналогичны таковым, используемым в отрасли сжигания древесных отходов. В случае необработанной биомассы дополнительные меры ограничены удалением летучей золы. В небольших топках для достижения концентрации золы в очищенных уходящих газах в диапазоне 100 – 150 мг/нм<sup>3</sup> используют мультициклоны. Тканевые фильтры или электрофильтры позволяют понизить концентрацию золы в диапазоне < 5 - 25 мг/нм<sup>3</sup> (см. Раздел III.C (iv) настоящих руководящих принципов в качестве общих указаний по очистке уходящих газов).

На выходе из топок для сжигания древесных отходов можно выполнить дополнительную очистку отходящих газов с помощью процессов абсорбции или адсорбции. Обычно используют только процессы адсорбции, так как они связаны с меньшими затратами. Наибольшее применение на выходе из топок, сжигающих древесное топливо, приобрело вдувание сухого сорбента (реактор с захватывающим потоком) благодаря его технической простоте и низкой стоимости. В качестве адсорбционного агента используется обычно смесь известкового вещества и активированного углерода или лигнитного активированного углерода (активированный углерод, получаемый из лигнита). Возможными известковыми реагентами являются известняк ( $\text{CaCO}_3$ ), известь ( $\text{CaO}$ ) и гашеная известь ( $\text{Ca(OH)}_2$ ). В то время как известковые реагенты удаляют двуокись серы ( $\text{SO}_2$ ), хлористый водород ( $\text{HCl}$ ) и фтористый водород ( $\text{HF}$ ), различные виды активированного углерода сводят к минимуму выбросы тяжелых металлов (ртути, кадмия и мышьяка), а также выбросы ПХДД/ПХДФ и полициклических ароматических углеводородов. Типичная смесь, используемая в реакторе с захватывающим потоком, состоит из 85–95% известкового реагента и 5–15% активированного углерода. В качестве дополнительной меры по уменьшению выброса окислов азота ( $\text{NO}_x$ ), особенно на выходе крупных топок, сжигающих древесные отходы, можно использовать избирательное некаталитическое восстановление, однако применимо и избирательное каталитическое восстановление. Избирательное каталитическое восстановление применялось к биомассе, сжигаемой в топках с кипящим слоем. Одна проблема, связанная с этим методом, - это дезактивация катализатора, которая протекает быстрее при сжигании биомассы, чем при сжигании угля, особенно в случае использования топок с решеткой и при использовании в качестве топлива соломы.

**Таблица 3. Меры борьбы с выбросами ПХДД/ПХДФ в топках для сжигания биомассы**

Меры	Уровень выброса (%)	Сметные затраты	Риски, связанные с мерами
<b>Основные меры</b>			
Регулирование качества топлива (теплотворной способности, влажности, загрязнителей)	Результирующий уровень выбросов не определялся	Более высокая стоимость топлива	Высокая влажность увеличивает образование ПХДД/ПХДФ
Оптимизированное выгорание (например, уменьшение избытка воздуха)		Никаких дополнительных затрат для новых установок	
Достаточное время пребывания топочных газов в горячей зоне топки			
<b>Дополнительные меры</b>			
Эффективное удаление пыли	Средняя эффективность		Температура фильтра



Меры	Уровень выброса (%)	Сметные затраты	Риски, связанные с мерами
			< 200° С
Вдувание сухого сорбента Избирательное каталитическое восстановление	Высокая эффективность	Дополнительные капитальные затраты: <sup>a</sup> избирательное каталитическое восстановление 110–180 %	Необходимо удаление использованного сорбента, что не имеет места в установках, сжигающих необработанную биомассу

а. Проценты взяты по отношению к капитальным затратам для топки, котла и золоуловителя установок для сжигания древесного топлива с тепловой мощностью  $1^{-10}$  МВт

### 3.2 Характеристики топлива

Качество топлива играет одну из главных ролей в образовании ПХДД/ПХДФ во время сжигания биомассы. ПХДД/ПХДФ всегда образуются во время сжигания дерева в результате присутствия таких исходных материалов как фенолы и лигнин либо путем *de novo* реакций в присутствии твердых частиц углерода и хлора. Высоких уровней выбросов можно ожидать от сжигания химически обработанного дерева (в древесных отходах). Древесные остатки (промышленные и в отходах) нередко содержат загрязнители различного вида (хлорированный арсенат меди, пентахлорфенол, креозот, клеи, смолы, краски и другие поверхностные покрытия). Еще одним крупным источником ПХДД могут служить пропитанные солью древесные остатки, сжигаемые в энергетических котлах целлюлозно-бумажных комбинатов (Lavric, Konnov and De Ruysck, 2004).

Сжигание загрязненного дерева, например, городских древесных отходов и отходов, полученных при сносе деревянных сооружений, следует строго ограничить установками, оборудованными эффективными устройствами очистки отходящих газов, таких как мусоросжигательные заводы (см. Раздел V.A настоящих руководящих принципов) (Nussbaumer, 2003).

Влажность биомасс может достигать высоких значений. Поэтому перед их сжиганием можно использовать сушилки. Безопасными считаются паровые сушилки, они оказывают малое влияние на окружающую среду. Другой метод сушки основан на использовании уходящих газов, которые затем направляются в дымовую трубу. В этом случае возможно образование выбросов таких органических веществ, как парафины или ароматические соединения (European Commission, 2006).

## 4. Продукты процессов

### 4.1 Образование ПХДД и ПХДФ в процессах сжигания

Преобладающей реакцией образования ПХДД/ПХДФ в процессах горения является *de novo* синтез. В Разделе III.C (i) приводится общая информация о механизмах образования ПХДД/ПХДФ. Ниже рассматриваются конкретные вопросы, относящиеся к сжиганию биомасс.

ПХДД может образовываться в отсутствие хлорированных органических соединений. Достаточным оказывается присутствие частиц углерода и источника хлора. Исследования,

проведенные на слоевой топке с неподвижной решеткой, показали, что суммарное количество образующихся ПХДД/ПХДФ и плоских полихлорированных бифенилов (ПХБ) было пропорционально содержанию хлора в пробах продуктов горения, когда температура в камере горения была ниже 700° С. С другой стороны, когда температура решетки камеры горения была выше 800° С, образование ПХДД/ПХДФ и копланарных ПХБ было незначительным, независимо от содержания хлора в топливе (Yasuhara, Katami and Shibamoto, 2003).

Улучшенные условия горения в более крупных топках обычно влияют на концентрацию ПХДД/ПХДФ. Эксперименты показали, что даже при сжигании материалов с высоким содержанием галогенов, концентрации этих загрязнителей оставались ниже полученных в небольших топках, сжигающих природное дерево. Когда в сжигаемое топливо добавляли галогенированные материалы, наблюдалась очень четкая зависимость между концентрациями окиси углерода (СО) и ПХДД/ПХДФ. Преобладающее влияние качества процесса горения на концентрации ПХДД/ПХДФ в выбросах можно было видеть при увеличении концентрации СО и одновременном уменьшении температуры уходящих газов (Lavric, Konnov and De Ruyc, 2004).

## 4.2 Выбросы ПХДД/ПХДФ

### 4.2.1 Сжигание дерева или древесных отходов

Влияние качества топлива и условий горения на выбросы ПХДД/ПХДФ иллюстрируется в Таблице 4.

**Таблица 4. Концентрации ПХДД/ПХДФ для различных видов древесного топлива**

Вид древесного топлива	ПХДД/ПХДФ мин. нг I-TEQ/м <sup>3</sup> (при 11% O <sub>2</sub> ) <sup>a</sup>	ПХДД/ПХДФ макс. нг I-TEQ/м <sup>3</sup> (при 11% O <sub>2</sub> )
Куски дерева (природного)	0,02	0,13
Древесная щепа (природная)	0,004	0,88
Древесные отходы	0,03	18,0
Древесностружечная плита, не содержащая хлора и тяжелых металлов	0,03	0,10
Древесностружечная плита с ПВХ или хлоридом аммиака (NH <sub>4</sub> Cl)	0,05	12,28
Древесностружечная плита с пентахлофенолом	0,21	5,14

a. 1 нг (нанаграмм) = 1 × 10<sup>-12</sup> килограмм (1 × 10<sup>-9</sup> грамм). Информация об измерениях токсичности приведена в Разд. I.C, параграф 3 настоящих руководящих принципов.

Источник: Nussbaumer, 2004

Обстоятельный обзор результатов измерений эмиссии ПХДД/ПХДФ из установок для сжигания древесины можно найти в Lavric, Konnov and De Ruyc, 2004.

#### 4.2.2 Сжигание других видов биомассы

Лонхардт (Launhardt) и Тома (Thoma) испытывали различные травянистые биотоплива (солому, хлебные злаки целиком и скирдованное сено), а также дерево ели на их способность образовывать во время сгорания ПХДД/ПХДФ, полихлорированные фенолы, полихлорированные бензолы и полициклические ароматические углеводороды. Опыты проводились в автоматически загружаемой многотопливной топке, используемой для бытовых установок с тепловыделением 50 кВтч. Об относительно однородных условиях горения судили по измеряемым выбросам СО. Проводились анализы отходящих газов и различных фракций золы. При 13%-ном содержании кислорода концентрация ПХДД находилась в диапазоне 0,052–0,891 нг I-ТЕQ/м<sup>3</sup> (Таблица 5). Все выбросы при сжигании дерева были на относительно низком уровне. При сжигании травянистых топлив были определены увеличенные (в 10-25 раз) выбросы ПХДД/ПХДФ, полихлорированных фенолов и полихлорированных бензолов (Lavgic, Konnov and De Ruyck 2004).

**Таблица 5. Выбросы ПХДД/ПХДФ при сжигании различных видов биомассы**

Тип топлива	ПХДД/ПХДФ нг I-ТЕQ/м <sup>3</sup>
Дерево (ель)	0,052
Солома (пшеницы)	0,656
Сено	0,891
Тритикале	0,052
Гранулы рапса	0,245

Источник: LfU 2002.

Данные по выбросам ПХДД/ПХДФ при сжигании жидких биомасс встречаются редко. Опыты, проведенные на двигателе с рапсовым маслом, используемым для комбинированного производства тепла и электричества (90 кВт), показали концентрации ПХДД/ПХДФ, равные 4–7 нг I-ТЕQ/м<sup>3</sup>. Концентрации ПХБ достигали 40–81 нг/м<sup>3</sup> (LfU, 2002).

#### 4.2.3 Сжигание черного щелока

В Таблице 6 показаны коэффициенты выбросов для котлов, используемых при утилизации черного щелока в процессе Крафта.

**Таблица 6. Выбросы ПХДД/ПХДФ из котлов, утилизирующих черный щелок в процессе Крафта**

Топливо	Коэффициент выбросов (I-ТЕQ)	Коэффициент выбросов (ТЕQ-WHO)	Публикация
Твердые остатки черного щелока <sup>а</sup>	0,10–0,15 нг/кг	0,10–0,16 нг/кг	EPA 2000
	0,029–0,065 нг/кг	0,028–0,072 нг/кг	EPA 2000
	0,07 нг/кг		UNEP 2005

а. Обычно 1 кг черного щелока (содержание воды 70%) соответствует 5-8 м<sup>3</sup> отходящих газов (содержание кислорода между 5 и 8%).

#### **4.2.4 Сжигание торфа**

В отчете Европейской комиссии (European Commission, 2006) сообщается о выбросах ПХДД из котельных топок атмосферного типа с кипящим слоем, оборудованных тканевым фильтром и сжигающих 50% торфа и 50% древесной коры. Выбросы ПХДД/ПХДФ достигали 0,008 нг I-TEQ/нм<sup>3</sup> (уровень выброса пыли: 10 мг/нм<sup>3</sup>).

#### **4.2.5 Другие выбросы ПХДД/ПХДФ при сжигании биомассы**

ПХДД/ПХДФ выбрасываются с такими твердыми остатками горения как шлаки и летучая зола. В общем случае, концентрации ПХДД/ПХДФ возрастают с уменьшением размера твердых частиц (Liu, 2002). Поэтому концентрации загрязнителей в летучей золе обычно выше, чем в топочном шлаке.

Поландт (Pohlandt) и Маруцки (Marutzky) проводили анализы в топке, котле и летучей золе. Пробы отбирались в различных установках, используемых в деревообрабатывающей промышленности, начиная от коптилен и кончая сжиганием дерева, пропитанного неорганическими антисептиками, состоящими из бора, хрома и меди, в двухступенчатой лабораторной топке. Они обнаружили, что в летучей золе концентрации ПХДД/ПХДФ имели наибольшие уровни. Концентрации ПХДД/ПХДФ в золе, оставшейся после сжигания пропитанного дерева, были выше, чем ее концентрации после сжигания обессоленного в воде дерева, но ниже концентраций, определенных для летучей золы из промышленных установок, работающих на древесном топливе. Концентрация ПХДД/ПХДФ в летучей золе была выше, чем в топочном шлаке. Этот результат был подтвержден Wunderli et al. и Yamamura et al.. (Lavric, Konnov and De Ruysck 2004).

Особенно в случае сжигания отходов древесины улавливаемый пепел должен быть утилизирован экологически разумным способом (см. Раздел III.C (iv), параграф 2.1 настоящих руководящих принципов).

Летучую золу, получаемую в установках, сжигающих солому, удаляют в основном из-за высокого содержания в ней кадмия. Топочный шлак обычно возвращают на поля или используют при дорожном строительстве, если удовлетворяются определенные требования в отношении физических и химических свойств. (European Commission, 2006).

Фракция наиболее мелкого пепла должна быть отправлена для захоронения из-за высокого содержания тяжелых металлов и стойких органических соединений. Использованный адсорбент тоже должен быть захоронен.

## **5. Наилучшие имеющиеся методы и наилучшие виды природоохранной деятельности**

### **5.1 Основные меры и оптимизация процесса для снижения выбросов ПХДД/ПХДФ**

Наилучшие имеющиеся методы уменьшения эмиссии ПХДД/ПХДФ могут включать следующие меры (Nussbaumer and Hasler, 1998):

1. Предотвращение незаконного сжигания отходов;
2. Сжигание загрязненного дерева, например, городских древесных отходов и отходов, получаемых при сносе деревянных сооружений, следует строго ограничивать установками, оборудованных эффективными устройствами очистки уходящих газов – предпочтительно этот материал не должен использоваться в котлах, а вместо этого должен перерабатываться как отходы;
3. Контроль качества топлива (например, калорийность, влажность, загрязнители);

4. Оптимизированная технология сжигания: улучшенное выгорание газов и летучей золы и уменьшение количества летучей золы:
  - Оптимизация избытка воздуха до коэффициента  $<1,5-2$ , однако, необходимо проявлять осторожность, поскольку любое изменение коэффициента может также повлиять на объемы других выбросов;
  - Хорошее качество перемешивания газа и воздуха (высокая степень турбулентности);
  - Достаточное время пребывания в горячей зоне;
  - Минимальное нарушение раскаленного слоя и равномерное распределение первичного воздуха;
  - Факультативное введение избирательного некаталитического восстановления с целью уменьшения количества  $\text{NO}_x$ .
5. Меры, принимаемые в котле:
  - Минимальное время пребывания в температурном диапазоне  $180^\circ - 500^\circ \text{C}$  и организация минимального отложения золы;
6. Оптимизированная эксплуатация установки:
  - Применение усовершенствованных технологий регулирования процесса горения с целью обеспечения оптимального выгорания;
  - Установившийся режим работы без частых пусков и остановов и предотвращение резких изменений тепловой и электрической нагрузки;
  - Регулярная очистка камеры горения от отложений из уходящих газов.

## 5.2 Дополнительные меры

Дополнительные меры контроля – это методы контроля загрязнений, включающие следующие меры:

1. Оптимизированная очистка газа:
  - Быстрое охлаждение топочных газов ( $< 200^\circ \text{C}$ ) перед подачей их в фильтры, что позволит избежать температурного диапазона, в котором происходит *de novo* синтез (т.е. повторное образование);
  - Улавливание ПХДД/ПХДФ в золоуловителях (электрофильтрах, тканевых фильтрах) в сочетании с вдуванием сорбента (при необходимости);
2. Факультативное разрушение ПХДД/ПХДФ с помощью каталитического окисления, т.е. в сочетании с избирательным каталитическим восстановлением с целью уменьшения количества  $\text{NO}_x$ .

## 6. Эксплуатационные уровни, связанные с наилучшими имеющимися методами

В случае установок, сжигающих биомассу (в частности, установок, работающих на древесном топливе), уровни выбросов ниже  $0,1 \text{ ng I-TEQ/m}^3$  относятся к наилучшим имеющимся методам..

## **7. Эксплуатационный мониторинг и отчетность**

Выбросы ПХДД/ПХДФ должны контролироваться в соответствии с международными стандартными методами.

Для того, чтобы обеспечить полное сгорание, топки следует оснастить измерительными приборами, которые непрерывно определяют массовые концентрации в выбросах окиси углерода.

Для того, чтобы обеспечить работу оборудования, предназначенного для борьбы с выбросами, топки следует оснастить измерительными приборами, непрерывно определяющими массовые концентрации в выбросах золы как качественно, так и количественно (в соответствии с требованиями, налагаемыми установками различных мощностей). Дополнительную информацию по мониторингу см. в Разделе III (vi) настоящих руководящих принципов.

Кроме того, следует выполнять инструкции по контролю качества в отношении состава топлива.

## Ссылки на литературу

- Baumbach G. and Zuberbühler U. 2002. *Entwicklung eines Feuerungskonzeptes zur Verbesserung des Ausbrandes bei gleichzeitiger NO<sub>x</sub>-Minderung bei der Holzverbrennung im gewerblichen Bereich*. Report BWPLUS 3 96 007. Institut für Verfahrenstechnik und Dampfkesselwesen, University of Stuttgart.
- CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment). 2000. *Energy-Efficient Technologies from Demolition, Packaging and Industrial Wood Waste*. Final Report. Programme THERMIE, Type B Action (STR-1965-98-FR), Phase I. CSTB with Quasco, CTBA, La Calade and DFIU/IFARE.
- EPA (United States Environmental Protection Agency). 2000. *Exposure and Human Health Reassessment of 2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-p-dioxin (TCDD) and Related Compounds, Part I: Estimating Exposure to Dioxin-Like Compounds Vol. 2: Sources of Dioxin-Like Compounds in the United States*. Draft Final Report. EPA, Washington, D.C. [www.epa.gov/ncea/pdfs/dioxin/part1/volume2/volume2.pdf](http://www.epa.gov/ncea/pdfs/dioxin/part1/volume2/volume2.pdf).
- European Commission. 2006. *Reference Document on Best Available Techniques for Large Combustion Plants*. Formally adopted BAT Reference Document (BREF). European IPPC Bureau, Seville, Spain. <http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm>.
- IEA Bioenergy. 2004. *Biomass Combustion and Co-firing: An Overview*. IEA Bioenergy Task 32. [www.ieabioenergy-task32.com](http://www.ieabioenergy-task32.com).
- Lavric E.D., Konnov A.A. and De Ruyck J. 2004. "Dioxin Levels in Wood Combustion: A Review." *Biomass and Bioenergy* 26:115–145.
- LfU (Bayerisches Landesamt für Umweltschutz). 2002. *Energetische Nutzung nachwachsender Rohstoffe*. Zusammenfassender Bericht zu 15 Teilprojekten.
- Nussbaumer T. 2003. "Combustion and Co-combustion of Biomass: Fundamentals, Technologies, and Primary Measures for Emission Reduction." *Energy and Fuels* 17:1510–1521.
- Nussbaumer T. 2004. *Dioxin- und PAK-Emissionen der privaten Abfallverbrennung*. Umwelt-Materialien Nr. 172. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern.
- Nussbaumer T. and Hasler P. 1998. *Emissions of PCDD/F from Biomass Combustion*. Biomass for Energy and Industry, 10th European Conference and Technology Exhibition, 8–11 June 1998, Würzburg (Germany).
- 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).
- Yasuhara A., Katami T. and Shibamoto T. 2003. "Formation of PCDDs, PCDFs, and Coplanar PCBs from Incineration of Various Woods in the Presence of Chlorides." *Environ. Sci. Technol.* 37:1563–1567.

## **Раздел VI**

### **Указания и руководящие принципы по категориям источников:**

#### **Категории источников в Части III Приложения С**

**Категория источников (f):  
Специфические процессы химических производств, сопряженные с выбросом химических веществ, перечисленных в Приложении С**



## Содержание

VI.F. Специфические процессы производства химических веществ, сопряженные с выбросом химических веществ, перечисленных в Приложении С .....	3
1. Описание процессов .....	3
1.1. Введение в процессы органической химии .....	3
1.2. Хлористый водород как сопутствующий продукт .....	4
1.3. Прямое хлорирование .....	5
1.4. Оксихлорирование .....	5
1.5. Отделение основных продуктов .....	9
1.6. Разрушение побочных продуктов .....	10
1.7. Резюме: Что общего у органических процессов .....	11
1.8. Введение в неорганические химические процессы .....	12
2. Возможные источники химических веществ, перечисленных в Приложении С .....	14
2.1. Процесс оксихлорирования .....	15
2.2. Другие технологические контакты с элементарным хлором .....	16
2.3. Хлоридный процесс получения двуокиси титана .....	16
2.4. Уничтожение побочных продуктов .....	16
2.5. Продукты .....	17
3. Альтернативные процессы, позволяющие избежать образования химических веществ, перечисленных в Приложении С .....	17
3.1. Общие подходы .....	17
3.2. Сульфатный процесс получения двуокиси титана .....	17
4. Основные и дополнительные меры .....	18
4.1. Подходы к производству, позволяющие снизить выбросы химических веществ, перечисленных в Приложении С .....	18
4.2. Основные меры .....	19
4.3. Дополнительные меры - наилучшие имеющиеся методы для использования в практике обработки отходов .....	21
5. Выводы по принимаемым мерам .....	22
6. Эксплуатационные нормативы и меры .....	22
6.1. Эксплуатационные нормативы допустимого загрязнения .....	22
6.2. Эксплуатационные меры .....	23
Приложение I. Синтез потребительских химических веществ .....	23
Ссылки на литературу .....	28

## Рисунки

Рисунок 1. Общий обзор процессов .....	4
Рисунок 2. Процессы С <sub>1</sub> и С <sub>2</sub> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Рисунок 3. Технологическая схема оксихлорирования .....	8
Рисунок 4. Разрушение побочных продуктов .....	11
Рисунок 5. Общая блок-схема органического процесса .....	12
Рисунок 6. Хлоридный процесс производства двуокиси титана .....	13

## **VI.F. Специфические процессы производства химических веществ, сопряженные с выбросом химических веществ, перечисленных в Приложении С**

### **Резюме**

В этом разделе рассматриваются процессы производства промышленных химических веществ, которые теоретически могут приводить к образованию стойких органических загрязнителей (в частности и тех, которые перечислены в Приложении С Стокгольмской конвенции). В большинстве из описанных процессов используются общие для них всех операции, в том числе хлорирование органических или неорганических сырьевых материалов, очистка полученных продуктов, разделение потоков продуктов (обычно путем дистилляции), разрушение побочных продуктов с высоким молекулярным весом и рециркуляция или продажа хлористого водорода. Эффективное разделение и разрушение хлорированных органических побочных продуктов, которые могут включать в себя стойкие органические загрязнители, является ключевым условием для наилучших имеющихся методов, применимых к этим процессам, как и соответствующие указания для всех включенных процессов сжигания. Для некоторых продуктов представлены также модернизированные технологические процессы, которые позволяют уменьшить образование стойких органических загрязнителей. Приведен ряд эксплуатационных стандартов, относящихся к отдельным производственным процессам и связанных с наилучшими имеющимися методами.

## **1. Описание процессов**

### **1.1. Введение в процессы органической химии**

В этом разделе рассматриваются процессы производства промышленных химических веществ, которые теоретически могут приводить к образованию химических веществ, перечисленных в Приложении С Стокгольмской конвенции. Процессы хлорирования используются при синтезе сотен промышленных и специальных химических веществ (Издание Wiley Interscience, 2000; Всемирный совет по хлору, 2002). Химия хлора используется также в процессах, в которых конечный продукт не содержит атомов хлора. Однако при современных условиях работы все эти процессы обычно не являются крупным источником выбросов химических веществ, перечисленных в Приложении С (UNEP, 2003; EPA, 2001).

Многие из разработанных здесь общих принципов, включая более эффективное использование сырьевых материалов и сведение к минимуму образования побочных продуктов и отходов, являются принципами, помогающими получить более высокие экономические и экологические показатели, согласующиеся с современными принципами так называемой «зеленой химии и техники». Эти принципы можно также применить к гораздо большему количеству технологических процессов, используемых для производства широкого ассортимента тонко измельченных (специальных малообъемных) химических веществ, включая пестициды и фармацевтические продукты. Производство таких химических веществ зависит от уникальных свойств хлора, которые делают его ценным инструментом синтеза.

Перечень некоторых процессов, ведущих к получению промышленных химических веществ, включен в Приложение I к этому разделу (Издание Wiley Interscience, 2000). Попытки определить наилучшие имеющиеся методы и наилучшие виды природоохранной деятельности для каждого из этих процессов в отдельности выходят за рамки настоящего раздела. Вместо этого указанные процессы будут проанализированы с целью определить, что у них имеется

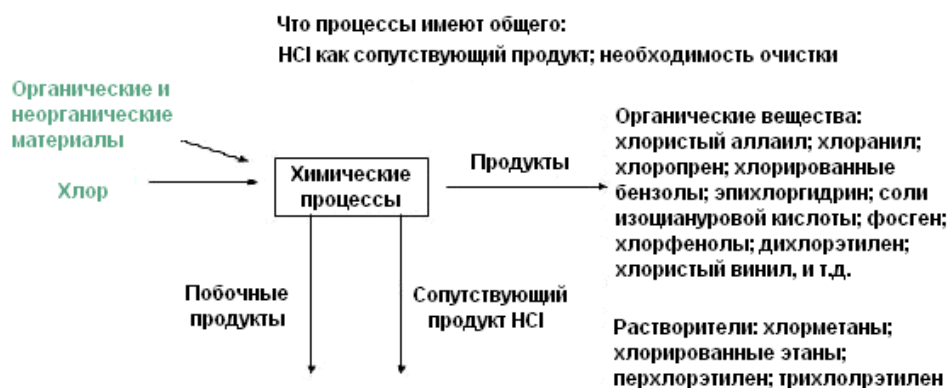
общего и как общие практические методы могут быть применены для уменьшения образования (и особенно – выброса) химических веществ, перечисленных в Приложении С Стокгольмской конвенции.

Большинство из рассматриваемых процессов связано с использованием какого-либо углеводорода, насыщенного или ненасыщенного, обработанного элементарным хлором и в большинстве процессов еще и с катализатором. Реакции могут представлять собой электрофильное присоединение к олефинам, хлорирование ароматических соединений или гомолитическое расщепление углеводородных связей с последующим образованием алифатического хлора. Во многих случаях в конечном продукте присутствуют атомы хлора. С другой стороны, в некоторых процессах (присоединение спирта или амина к фосгену с образованием, например, поликарбоната или полиуретановых пластмасс) атомы хлора в конечном продукте отсутствуют. Кроме того, большинство процессов включает в себя хлорид водорода (HCl) в качестве сопутствующего продукта, образующегося путем дегидрогалогенирования или реакции свободного радикала хлора с алифатическим водородом (Рис. 1 и 2).

Сырые продукты этих реакций получаются с разными выходами и чистотой, поэтому как практически и во всех промышленных химических процессах, требуется очистка конечного продукта перед его продажей или дальнейшим внутренним потреблением. Очистка может представлять собой разделение находящихся в смеси товарных продуктов – во многих случаях в результате обработки с помощью единственной реакции получают целый спектр полезных продуктов – либо отделение товарных продуктов при неизбежном образовании высокомолекулярных побочных продуктов. Для большинства органических и некоторых неорганических веществ такая операция очистки представляет собой дистилляцию.

В общем случае высокомолекулярные побочные продукты сами по себе не являются коммерчески привлекательными. В некоторых случаях их подвергают термическому окислению и получают в результате такие продукты как HCl, окись углерода (CO) и двуокись углерода (CO<sub>2</sub>). HCl извлекают и повторно используют в качестве неотъемлемого компонента процесса. В некоторых случаях побочные продукты считают отходами производства, которые подлежат уничтожению обычно по технологии сжигания опасных отходов, хотя обычным является рециркуляция HCl.

**Рис 1. Общий обзор процессов**



## 1.2 Хлористый водород как сопутствующий продукт

С хлористым водородом (HCl) обращаются следующим образом. Его можно просто нейтрализовать и удалить в виде соли (хлористый натрий). Однако в некоторых процессах HCl может служить источником большого количества полезно используемого хлора, а поэтому нейтрализация и удаление хлористого водорода – это упущенная выгода в виде потери потенциального сырьевого материала.

HCl может быть извлечен, гидрирован и затем отправлен на продажу в виде промышленного продукта – соляной кислоты либо может быть использован для регулирования pH в электролизерах для получения хлора и каустической соды. Таким образом, имеется некоторая электролитическая рециркуляция HCl в хлор. В США соляную кислоту проанализировали на содержание полихлордibenзо-*n*-диоксинов (ПХДД) и полихлордibenзофуранов (ПХДФ) и обнаружили, что она содержит около 20 пг I-TEQ/л (0,004 г I-TEQ/год для производства в США) (Carroll et al., 1997).<sup>1</sup>

HCl можно также высушить, окислить каталитически и, в присутствии органического сырьевого материала, ввести в реакцию в качестве элементарного хлора для образования большего количества желаемого продукта. Процесс, который позволяет достичь такого результата, называют «оксихлорированием»; он часто обеспечивает получение ценного рециркулирующего вещества внутри какого-либо процесса, позволяя избежать потерь такого ценного сырья как хлор.

### 1.3 Прямое хлорирование

Присоединение свободного радикала хлора к алифатическим углеводородам (обычно к метану) и прямое электрофильное присоединение галогена к алкену хорошо известны из основных начал органической химии. В применении к промышленному производству первая реакция катализируется светом, а вторая реакция представляет собой обычно низкотемпературную технологическую операцию, в качестве катализатора в которой используется хлорид железа (FeCl<sub>3</sub>) (Web-сайт OxyVinyls). В первой реакции желателен использовать механизм свободно-радикального присоединения. С другой стороны, во второй реакции свободные радикалы приводят к непродуктивным побочным реакциям, которые можно ингибировать с помощью низкой концентрации кислорода.

Вероятность образования побочных стойких органических загрязнителей в процессах прямого хлорирования алифатических углеводородов мала (если она вообще существует). Ароматические сырьевые материалы можно также подвергать прямому хлорированию при посредничестве кислоты Льюиса в качестве катализатора. В некоторых условиях присутствие ароматических хлоридов как получаемых в процессе продуктов открывает возможность образования стойких органических загрязнителей.

### 1.4 Оксихлорирование

При оксихлорировании какое-либо органическое вещество, например, этилен взаимодействует с сухим HCl и либо воздухом, либо чистым кислородом в гетерогенной каталитической реакции (Рис. 3). Примером может служить реакция с участием HCl, кислорода и этилена с образованием дихлорэтана и воды:



Хотя существует множество различных промышленных процессов оксихлорирования, в каждом случае реакция осуществляется в паровой фазе над модифицированным катализатором Дикэна. В отличие от процесса Дикэна (в котором воздух или кислород используется для окисления HCl в Cl<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>O под воздействием тепла и катализа) оксихлорирование этилена легко происходит при температурах значительно более низких, чем те, которые требуются для окисления самого HCl. Катализатор содержит обычно хлористую медь (CuCl<sub>2</sub>) в качестве главного активного ингредиента, пропитывающего пористую опору (например, из окиси алюминия), и может также содержать многочисленные другие добавки.

В реакции оксихлорирования выделяется тепло и поэтому для регулирования температуры требуется охлаждение, что очень важно для эффективного производства дихлорэтана. В то время как для таких реакций имеется эффективная минимальная температура, значительно более высокие температуры в реакторе ведут к большему количеству побочных продуктов в основном из-за повышенного окисления этилена до окислов углерода и возросшего крекинга дихлорэтана. Крекинг дихлорэтана дает мономер винилхлорида, и последующие ступени оксихлорирования и крекинга ведут ко все большему появлению высокомолекулярных

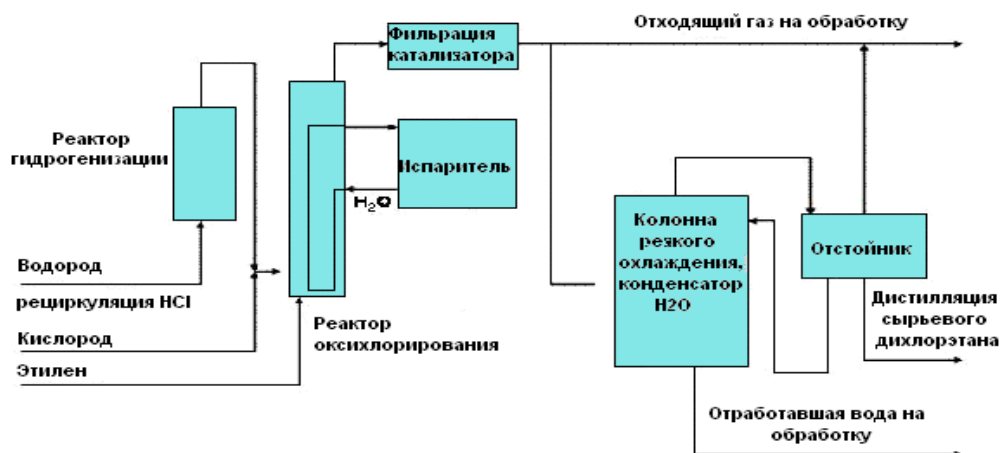
побочных продуктов с более высокими уровнями замещения хлором. Очень высокие температуры ( $> 300^{\circ}\text{C}$ ) могут также дезактивировать катализатор путем повышенной сублимации  $\text{CuCl}_2$ . Существует сильная промышленная мотивация избегать таких условий в реакторе (перегрева), которые могут привести к получению полихлорированных побочных продуктов.

При оксихлорировании используют два типа каталитических систем: неподвижный слой и кипящий слой. Обе эти системы можно отнести к наилучшим имеющимся методам (European Commission, 2003).

Использование определенных видов сырья в процессе оксихлорирования может привести к росту образования стойких органических загрязнителей. Например, оксихлорирование тяжелых фракций на предприятии, выпускающем винилхлорид, может привести к значительному выходу ПХДД/ПХДФ (UK Environment Agency, 1997).



Рис. 3. Технологическая схема оксихлорирования



Источник: Интернет-сайт Vinnolit.

#### 1.4.1 Оксихлорирование в неподвижном слое

Реакторы с неподвижным слоем напоминают трубные теплообменники, при этом катализатор заполняет вертикальные трубы, закрепленные в верхней и нижней трубных досках. Чтобы обеспечить равномерное распределение перепада давления по трубам, расхода и времени пребывания, важно равномерно заполнить трубы катализатором. Выделяемое в реакции тепло отводится путем генерирования водяного пара в межтрубном пространстве реактора или путем прокачки через это пространство какого-либо иного теплоносителя.

Регулирование температуры в этих реакциях имеет очень важное значение. Тенденцию появления в неподвижном слое перегретых участков можно свести к минимуму, заполняя трубы реактора смесью активного катализатора и инертного разбавителя в пропорции, которая изменяется по длине труб – активность катализатора мала на входе в трубы и непрерывно возрастает до максимума на выходе из труб.

Как вариант, трубы можно заполнить катализатором, состав которого обеспечивает градиент активности по длине труб. При оксихлорировании в неподвижном слое можно также применять несколько последовательно включенных реакторов, обеспечивая тем самым аналогичный градиент активности катализатора. Использование в качестве сырьевого продукта чистый кислород вместо воздуха позволяет поддерживать более низкие температуры и тем самым уменьшать образование хлорированных побочных продуктов. Однако выбирая этот вариант, необходимо учитывать затраты на энергию, потребляемую при производстве чистого кислорода. Ступенчатая подача воздуха или кислорода и обеспечение градиента активности катализатора делают температурный профиль более плоским и позволяют улучшить регулирование температуры (Web-сайт OxyVinyls).

#### 1.4.2 Оксихлорирование в кипящем слое

Обычно реакторы для оксихлорирования в кипящем слое представляют собой вертикальные цилиндрические сосуды, оборудованные опорной решеткой и разбрызгивающим питателем, предназначенными обеспечивать хорошие псевдоожижение и распределение питания. Эти реакторы снабжены внутренними охлаждающими змеевиками, а также внутренними либо внешними циклонами, предназначенными минимизировать унос катализатора из реактора. Псевдоожижение катализатора обеспечивает тесный контакт между парами подаваемого сырья и получаемого продукта, а также между катализатором и теплообменными поверхностями, в результате чего внутри реактора устанавливается минимальная температура. Выделяемое при

реакции тепло удаляется с водяным паром, образующимся внутри охлаждающих змеевиков либо с помощью иного пропускаемого внутри них теплоносителя.

Для реактора, осуществляющего оксихлорирование в кипящем слое, типичны рабочие температуры в диапазоне 220°–245 °С и манометрические давления 150–500 кПа (22–73 фунт/кв. дюйм). Для оксихлорирования в стационарном слое обычно требуются более высокие температуры (230°–300° С) и манометрические давления 150–1400 кПа (22–203 фунт/кв. дюйм). В число хлорированных побочных продуктов оксихлорирования этилена входят обычно 1,1,2-трихлорэтан, хлороформ, тетрахлорметан, хлористый этил, хлораль, 2-этиленхлоргидрин, все конгенеры хлористого этилена и вещества с высокой температурой кипения (Web-сайт OxyVinyls).

### 1.5 Отделение основных продуктов

Еще одной общей особенностью рассматриваемых процессов является необходимость очистки продуктов, которые либо поступают на рынок, либо используются в последующих технологических операциях. Практически во всех случаях органические продукты реакций подвергают дистилляции. При фракционной перегонке происходит разделение потоков целевых продуктов и, кроме того, целевые продукты отделяются от нецелевых высокомолекулярных материалов, называемых «тяжелыми фракциями» или «смолами».

В Европейском Союзе директивы Комплексного предотвращения загрязнения и контроля (IPPC) требуют при получении разрешения на эксплуатацию установки использовать наилучшие имеющиеся методы. Чтобы облегчить этот процесс, в соответствии с директивой Европейского бюро IPPC готовятся справочные документы по наилучшим имеющимся методам (BREFs). Некоторые из этих документов имеют отношение к применению наилучших имеющихся методов в технологических процессах хлорирования. Например, BREFs, относящиеся к крупномасштабным химическим процессам с участием органических веществ и разработанные по директиве IPPC, содержат обсуждение процесса дистилляции (European Commission, 2003).

Дистилляция представляет собой стандартную техническую элементарную операцию. Она основана на последовательно происходящем испарении и конденсации жидкости в некой колонне, которая обычно оборудована насадкой или тарелками, позволяющими максимально увеличить площадь ее внутренней поверхности. Пар, достигающий верхней части колонны, обогащен присутствующим в дистиллируемой смеси материалом с наименьшей температурой кипения.

Конструкция и работа дистилляционных установок хорошо изучены как в теории сепарации, так и на практике. В случае неазеотропных материалов с широко отстоящими точками кипения (например, винилхлорид и ПХДД/ПХДФ) в хорошо спроектированной и эксплуатируемой колонне можно достичь практически полного разделения продуктов. (Web-сайт ChEResources).

Целевые продукты отделяют и транспортируют в виде жидкостей. Для материалов с температурой кипения выше окружающей температуры (например, для дихлорэтана) используются закрытые, но не находящиеся под давлением контейнеры. Для материалов с температурой кипения ниже окружающей температуры (например, для винилхлорида, хлора) применяются герметичные контейнеры под давлением.

Некоторые продукты невозможно разделить с помощью дистилляции. В принципе, для конкретных продуктов могут быть разработаны аналогичные полезные и точные методы (например, рекристаллизация). При условии, что такие практические методы в состоянии продемонстрировать аналогичный результат (например, выделение побочных продуктов в отдельный поток), их в некоторых обстоятельствах можно также классифицировать как наилучшие имеющиеся методы.



## 1.6 Разрушение побочных продуктов

Нецелевые продукты (в том числе тяжелые фракции) обычно разрушают в термических процессах в присутствии кислорода или без него. На рис. 4 изображен опытно-промышленный агрегат для разрушения тяжелых фракций с утилизацией HCl.

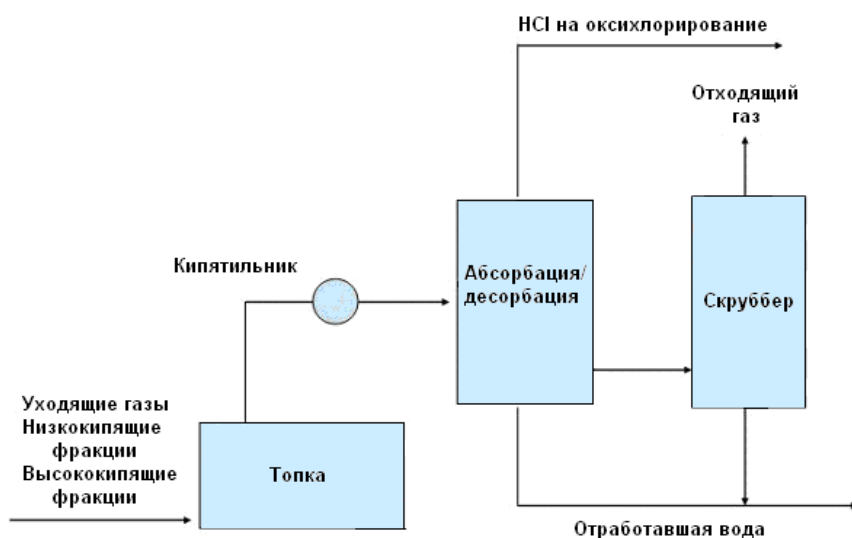
Экологически обоснованное обращение с потоками побочных продуктов и отходов химических процессов является решающим для предотвращения поступления в окружающую среду веществ, перечисленных в Приложении С. Такой подход подразумевает действенное и высокоэффективное разложение отходов в ходе процесса, а также применяемые на конечных стадиях эффективные методы предотвращения поступления нежелательных веществ. Такое разложение и приспособления для конечных стадий в химической и других отраслях промышленности обычно четко прописаны в регламентах и должны внимательно отслеживаться операторами и руководством.

Воздушные, водные выбросы и выбросы твердых частиц от этих процессов подвергаются анализу на присутствие химических веществ, перечисленных в Приложении С и соответствующей очистке. Дополнительная информация о крупномасштабных химических процессах с участием органических веществ и об обработке водяных и газовых выбросов в химической отрасли промышленности содержится в BREFs (Европейский Союз). Основной обзор технологий обработки воздуха, воды и твердых частиц приведен в разделе III.C настоящих принципов, представляющем взаимосвязанные подходы и соображения.

В общем случае наилучшие имеющиеся методы обработки загрязненных воздушных потоков могут включать в себя утилизацию и рециркуляцию HCl, сжигание следов летучих компонентов, скрубберную очистку выходных потоков сжигающей печи с помощью воды, щелочных растворов или сухих щелочей, добавление активированного углерода и мешочные фильтры для улавливания твердых частиц. Все эти средства могут быть использованы в отдельности либо в комбинации. Обработка потоков отработавшей воды может включать в себя выпаривание и утилизацию (путем конденсации или абсорбции) находящихся в воде летучих веществ.

Последующая биологическая очистка водяных потоков с удалением из них твердых веществ производится в специальных системах водоподготовки. При выдаче разрешений на эксплуатацию установок, сжигающих тяжелые фракции, для обоих указанных потоков учитывают использование наилучших имеющихся методов.

Рис. 4. Разрушение побочных продуктов



### 1.7 Резюме: Что общего у органических процессов

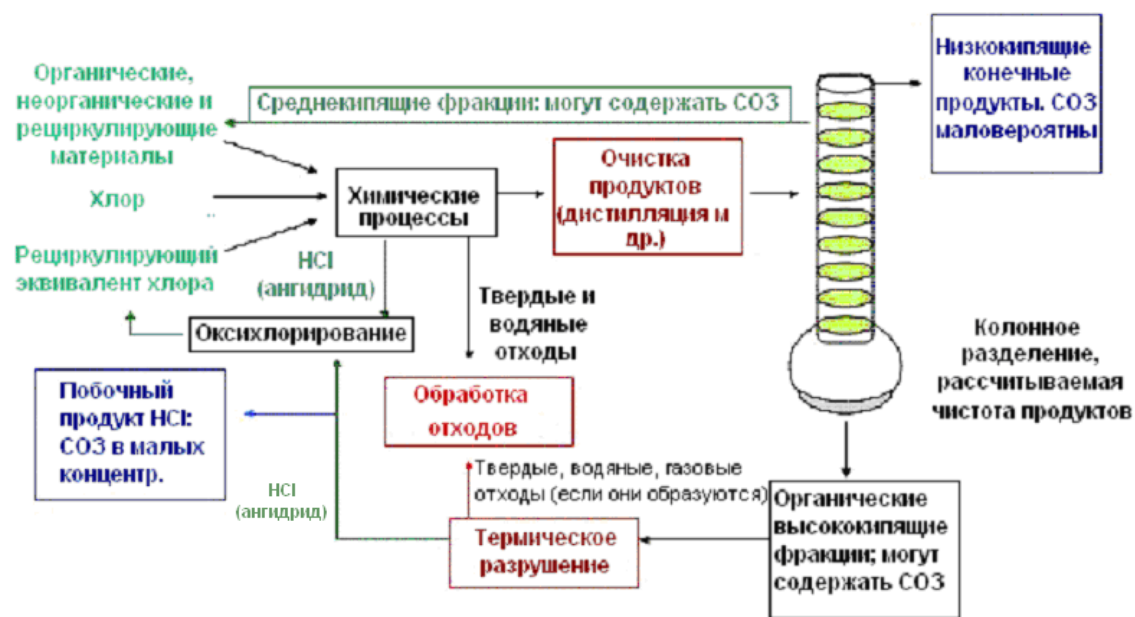
Рис. 5 суммирует в общем виде многие из описанных процессов, включая хлорирование органических и неорганических сырьевых материалов, очистку продуктов, разделение потоков с целью рециркуляции (HCl, среднекипящие фракции), разрушение побочных продуктов (органические высококипящие фракции), продажа продуктов (низкокипящие фракции, HCl, конечные продукты).

Агентство США по охране окружающей среды отмечает: «Постулируются четыре главных механизма образования галогенированных диоксинов и фуранов при производстве галогенированных органических химических веществ: (1) прямое галогенирование диоксинов или фуранов ...; (2) реакция какого-либо ортогалогена с фенатом; (3) потеря галогена (например, хлора или брома) в галогенированном фенате с образованием галогенированных фуранов ...; и (4) реакции между орто- и метазамещенными галогенами.» (EPA, 1997).

Механизм (1) допускает существование предварительно образованной кольцевой структуры ПХДД или ПХДФ; возможно негалогенированной. Механизмы 2–4 описывают реакции ароматических галогенидов или галогенированных фенолов. На количество ПХДД и ПХДФ, которые могут образоваться в данном технологическом процессе, влияет ряд факторов, включая температуру, pH, катализатор и кинетику реакции (EPA, 1997). Влияние этих факторов можно изменять с помощью специфических химических условий, например, присутствием в реакции ароматических или алифатических органических материалов.

Аналогично, Фидлер (Fiedler et al., 2000) отмечает, что вероятность образования ПХДД/ПХДФ в химических процессах производства хлорсодержащих материалов уменьшается обычно в следующем порядке: хлорфенолы > хлорбензолы > алифатические хлориды > неорганические хлориды. Этот порядок также можно изменить созданием других условий реакции. На общий результат будут влиять как легкость образования, так и объем проходящего материала (потока), таким образом, процесс, протекающий в большом объеме, такой, как производство хлора, может дать больший поток массы, чем процесс с более высокими концентрациями и выходами, но протекающий в меньшем объеме.

Рис. 5. Общая блок-схема органического процесса



## 1.8 Введение в неорганические химические процессы

Хлор используют для образования неорганических веществ, при этом он или остается в конечном продукте (NaOCl, ClO<sub>2</sub>, FeCl<sub>3</sub>, AlCl<sub>3</sub>, ZnCl<sub>2</sub>, и т.д.) или просто участвует в процессе (TiO<sub>2</sub>, Si). Указанные неорганические вещества могут использоваться или стехиометрически (NaOCl, ClO<sub>2</sub>), или в качестве катализаторов (FeCl<sub>3</sub>, AlCl<sub>3</sub>, ZnCl<sub>2</sub>, и т.д.). Имеется два технологических процесса с участием неорганических химических веществ, которые идентифицированы как процессы с образованием некоторых химических веществ, перечисленных в Приложении С: хлоридный процесс производства двуоксида титана (TiO<sub>2</sub>) некоторыми изготовителями и производство безводного хлористого магния (MgCl<sub>2</sub>) как промежуточного продукта в производстве металлического магния. Другие процессы карбохлорирования металлов с целью очистки руд могут включать в себя аналогичные условия.

### 1.8.1 Хлор и гидроокись натрия/калия

Хлор и гидроокись натрия или калия получают электролизом водных растворов хлорида натрия или калия соответственно. Существует множество технологий, связанных с этим процессом, и, тогда как полное изложение процесса выходит за рамки настоящих принципов, обзор можно найти во многих общих источниках (European Commission 2001, Appendix 1; Wiley Interscience 2000).

Широко известно и подтверждено отчетами о выбросах стойких органических загрязнителей из современных установок получения хлора и щелочи, что имеется определенная возможность образования диоксинов и фуранов в некоторый момент этого процесса.

Известно, что использование графитовых электродов в этом процессе является источником химических веществ, перечисленных в Приложении С. Для современных установок этот процесс обычно считается устаревшим (см. подпараграф 4.2.2 ниже). Что касается других источников в этом процессе, полное понимание механизма образования отсутствует; однако, представляется, что источником мог бы быть контакт элементарного хлора с формирующимися фураноподобными структурами в органических материалах прокладок и изоляции (см. параграф 2.2). Даже в современных процессах ПХДД/ПХДФ определяются в выбросах и образуются в ходе процесса.

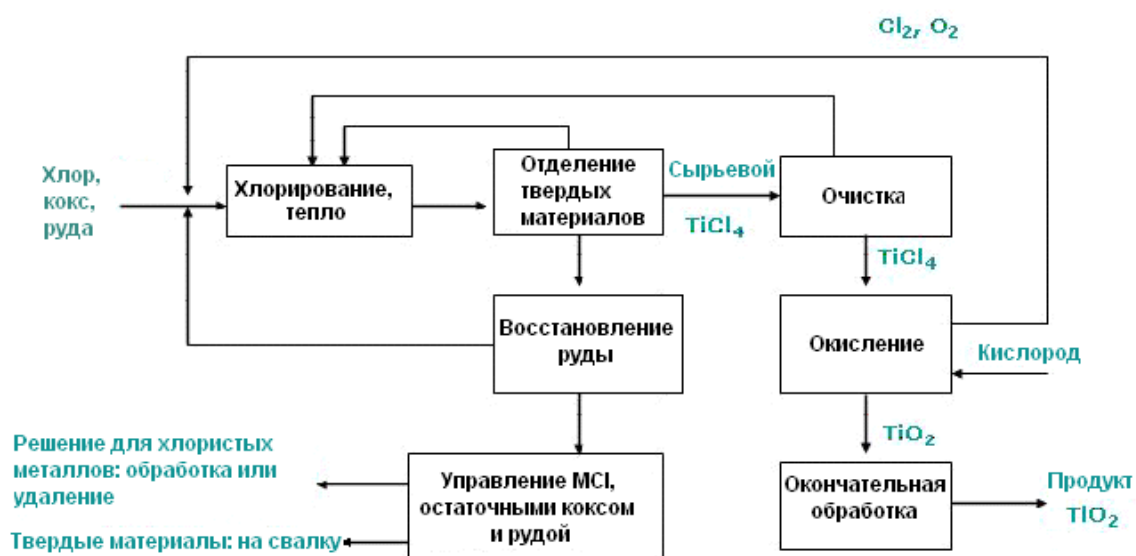
### 1.8.2 Двуокись титана

Существуют два процесса производства двуокиси титана ( $\text{TiO}_2$ ): хлоридный процесс и сульфатный процесс. Они представляют собой интересный для изучения случай: первый процесс производит гораздо меньше отходов, но в некоторых обстоятельствах может служить источником стойких органических загрязнителей. Второй процесс отличается гораздо большим количеством отходов других категорий, что представляет собой проблему, поскольку производство двуокиси титана является крупнотоннажным.

Производство двуокиси титана на основе сульфатного процесса приводит к образованию больших количеств загрязненных отработанных кислот различной концентрации. В прошлом было невозможно подвергнуть такие отработанные кислоты рециклизации и использовать в других производственных процессах. В течение последних десятилетий были разработаны методы повторного использования и рециклизации отработанных кислот, являющиеся в настоящее время стандартными приемами в производстве двуокиси титана в промышленно развитых странах.

За последние 30 лет хлоридный процесс приобретает все большее значение благодаря его относительной компактности, рециркуляции участвующих в нем материалов, более высокому качеству продукта и значительно меньшему образованию отходов. Руда  $\text{TiO}_2$  (например, рутил или ильменит), содержащая окислы других металлов, хлорируется при высокой температуре с образованием  $\text{TiCl}_4$ , стабильной дистиллируемой жидкостью. Галогениды других металлов удаляются после охлаждения. Затем  $\text{TiCl}_4$  проходит очистку и окисляется с помощью  $\text{O}_2$ , высвобождая хлор, который рециркулирует в процессе. Этот окислительный процесс с термодинамической точки зрения предпочтительнее проводить при температурах выше  $600^\circ\text{C}$ . Обобщенная схема хлоридного процесса показана на Рис. 6, а более полное описание конкурирующего сульфатного процесса дается в следующем далее параграфе 3.1.

Рис. 6. Хлоридный процесс производства двуокиси титана



### 1.8.3 Безводный хлористый магний

Хлористый магний ( $\text{MgCl}_2$ ) может быть получен путем реакции окиси магния ( $\text{MgO}$ ) и кокса с элементарным хлором при  $700\text{--}800^\circ\text{C}$ . Подробности, касающиеся этого процесса и образующихся в нем выбросов, приведены в Разделе VI.B (iii) настоящих руководящих принципов (производство магния).

## 2 Возможные источники химических веществ, перечисленных в Приложении С

Главным для образования основной структуры ПХДД/ПХДФ, ПХБ и ГХБ является присутствие или генерация ароматических соединений. Эти материалы в некоторый момент времени должны быть хлорированы. В документах ЮНЕП (UNEP, 2003) отмечается, что образованию ПХДД/ПХДФ способствуют те химические процессы, в которых используются (по отдельности или совместно) элементарный хлор, высокие температуры, щелочная среда и какой-либо источник свободных радикалов.

Для образования ПХДД/ПХДФ должен присутствовать источник кислорода или нехлорированный диоксин/фуран или подобные структуры. Хотя трудно представить ситуации, при которых ПХДД/ПХДФ образуются без какой-либо вероятности образования ПХБ и ГХБ, ПХДД/ПХДФ являются предпочтительными побочными продуктами в процессах, когда субстратом являются хлорированные фенолы или когда фенолы реагируют с хлором, особенно при обработке щелочью (см. подпараграфы 4.2.3, 4.2.4 и 4.2.5 ниже). Горение является вероятным источником всех этих материалов; образование побочных продуктов зависит от конкретной технологии, используемой в процессах горения, особенно в процессах, включающих неконтролируемое горение. Реакции карбохлорирования (например, переход  $MgO$  в  $MgCl_2$ ) также могут быть таким источником (см. параграф 1.8 выше).

ПХБ могут предпочтительно образовываться в реакциях, подобных указанным выше, в отсутствие кислорода или кислородсодержащих материалов. Электролитические реакции с использованием графитовых электродов относятся к этой категории. Подобный результат может быть получен, когда присутствуют хлорированные алифатические кольца и может протекать дегидрогалогенизация, как в реакциях с гексахлорциклогексаном в качестве исходного материала.

В некоторых случаях источник ароматического углерода может быть случайным. Присутствие бензола в виде примеси в сырьевых материалах почти любой реакции хлорирования может привести к образованию ГХБ в качестве полупродукта, даже если это не ожидается, исходя из химизма целевой реакции. Некоторые патентованные работы указывают на возможность снижения объемов ароматических соединений в подаваемом исходном материале для других химических производств как способ сокращения непреднамеренного образования в качестве побочных продуктов стойких органических загрязнителей (см. подпараграф 4.2.8). И, наконец, если ГХБ является сырьем для процесса, попадание этого материала в конечный продукт вызовет его загрязнение (см. подпараграф 4.2.5).

Существует множество национальных реестров оценок эмиссии ПХДД/ПХДФ и ПХБ. Для ПХДД/ПХДФ реестры, как правило, содержат данные о непреднамеренном образовании этих веществ. Это представлено в Инструментарии ЮНЕП (UNEP 2003). Реестры для ПХБ, если таковые имеются, главным образом содержат данные об использовании запасов этого продукта, хранящихся отходах или недавном выпуске. Имеется очень мало данных о непреднамеренном образовании ПХБ

Важно отметить, что имеются источники всех этих побочных продуктов, не связанные с химическими процессами, и поступление этих продуктов может быть предотвращено только применением высокоточных технологий с замкнутым циклом и установлением внутреннего и внешнего контроля за потоками побочных продуктов, отходов и эмиссиями, связанными с их разложением.

Ситуация с ГХБ, являющегося как продуктом, так и побочным продуктом, аналогична ситуации с ПХБ; однако, существует несколько реестров ГХБ в качестве побочного продукта. Пик мирового производства и эмиссий ГХБ пришелся на конец 70-х и начало 80-х годов прошлого столетия. Производство составляло примерно 10 000 т в год в период с 1978 по 1981 гг. (Rippen and Frank 1986), 80% которого, как предполагается, приходилось на Европу. Большая часть поступления в окружающую среду относилась за счет его использования в качестве пестицида, в основном как фунгицида для обработки семян лука, сорго, а также для

зерновых, таких как пшеница, ячмень, овес и рис, и как фунгицида для уничтожения головни в пшенице.

С тех пор, благодаря принятию ряда правил и запретов, производство и выбросы значительно снизились. Bailey (2001) опубликовал всемирный обзор источников и выбросов ГХБ в середине 90-х годов прошлого столетия. Общие мировые выбросы в этот период были оценены на уровне 10-90 т в год. В 90-е годы прошлого столетия вклад различных источников в мировые выбросы был следующим: сжигание топлива – 3,7%; производство железа и стали - 0.3%; производство цветных металлов - 36%; производство органических химических соединений - 5.8%; другие виды использования растворителей - 0.004%; сжигание отходов - 26% и использование пестицидов - 28%. Распределение по источникам в Европе, США и Канаде было очень различным.

Обширный обзор публикаций по выбросам ГХБ был недавно составлен в виде доосье по европейским исследованиям по хлору - Euro Chlor Science Dossier (Barber, Sweetman and Jones 2005). Это доосье содержит весьма исчерпывающий обзор всей опубликованной информации по данному вопросу до 2004 г. Оно дает подробные сведения о производстве и выбросах в различные периоды, в различных географических районах и для различных видов применения, а также затрагивает вспомогательные и исторические источники. Краткая версия этого доосье была опубликована в оценочном обзоре литературы (Barber et al. 2005).

## 2.1 Процесс оксихлорирования

Присутствие тепла, элементарного хлора, хлористой меди в качестве катализатора и органического материала делает процесс оксихлорирования потенциальным источником химических веществ, перечисленных в Приложении С, особенно ПХДД/ПХДФ и ГХБ. Ароматические соединения могут генерироваться в высокотемпературных процессах и могут также присутствовать в сырьевых материалах, включая HCl или воздух. Условия в реакторе для оксихлорирования в некоторых отношениях аналогичны условиям на участках мусоросжигательной установки за зоной сгорания, но могут содержать (а могут и не содержать) аналогичные количества сажеподобного элементарного углерода или полициклических ароматических углеводородов, которые могут способствовать *de novo* синтезу ПХДФ (Lenoir et al. 2001; Web-сайт OxyVinyls). Однако создаваемые в этом процессе химические вещества, перечисленные в Приложении С, можно практически полностью удалить из продукта и изолировать в высококипящих материалах (тяжелые фракции) с помощью процесса дистилляции.

Некоторые химические вещества, перечисленные в Приложении С, прилипают к частицам катализатора. В случае оксихлорирования в неподвижном слое они могут составлять часть отработавшего катализатора, который удаляется из эксплуатации. Этот материал можно обрабатывать термическим способом, разрушая абсорбированные органические вещества, либо отправлять на надежную закрытую свалку. В реакторах с кипящим слоем частицы катализатора претерпевают истирание и мелкие частицы могут захватываться потоком паров. В конечном счете эти частицы оказываются в твердых отходах или в биологических твердых остатках, удаляемых после обработки воды.

### 2.1.1. Ацетиленовый процесс получения винилхлорида

В последние 50 лет использование сбалансированного процесса производства дихлорэтана с последующим крекингом его до винилхлорида в основном (но не полностью) заменило производство винилхлорида в ацетиленовом процессе. В ацетиленовом процессе окись кальция и углерод претерпевают совместное нагревание при 2000° С с образованием карбида кальция (CaC<sub>2</sub>). Когда CaC<sub>2</sub> реагирует с водой, образуется ацетилен. Винилхлорид получается в результате каталитической реакции добавления HCl к ацетилену. Ограниченные замеры стоков производства винилхлорида практически не свидетельствуют о наличии химических веществ, перечисленных в Приложении С. Процесс производства карбида кальция не исследовался в этом отношении, однако новые исследования необходимы в свете растущих объемов такого производства.

### 2.1.2 Хлорированные растворители

Поскольку процесс производства трихлорэтилена, перхлорэтилена и тетрахлоруглерода включает в себя хлорирование, оксихлорирование и пиролиз, побочные продукты будут содержать вещества, перечисленные в Приложении С. Эти материалы могут быть отделены от конечного продукта дистилляцией и выделяются во фракцию, известную как тяжелый остаток. Много лет назад этот материал обычно подвергали захоронению, однако с 70-х годов прошлого столетия гораздо более приемлемым способом обработки является сжигание опасных отходов или термическое разложение с извлечением или повторным использованием HCl.

Имеется ряд примеров существующих в настоящее время крупных хранилищ материалов, содержащих ГХБ, и явившихся результатом производства растворителей в прошлом или плохой организации производства в последнее время. Приложение II этого раздела – это конкретное исследование чешского предприятия (IPEN 2006a). Описание долговременной ситуации в Австралии включено в досье Еврохлора (Barber, Sweetman and Jones 2005). Необходимо отметить, что ни одно из этих исследований не представляет собой ни наилучшие имеющиеся методы, ни наилучшие природоохранные практики; в действительности, они являются противоположными примерами.

### 2.2 Другие технологические контакты с элементарным хлором

Существуют практические свидетельства того, что контакт элементарного хлора с оборудованием, используемым в процессах с органическими веществами (уплотнения, прокладки, устройства из стекловолокна), которые могут содержать ароматические соединения, полициклические ароматические углеводороды или элементарный углерод, приводит к образованию химических веществ, перечисленных в Приложении С (обычно это ПХДФ). В некоторых процессах, в которых высококипящий материал или конденсат отделяется от производимого элементарного хлора и не рециркулирует в процессе, перечисленные в Приложении С химические вещества можно обнаружить в твердых или жидких сбросах.

### 2.3 Хлоридный процесс получения двуокиси титана

Присутствие кокса, хлора, металлов и высокой температуры может приводить к появлению ПХДД и ПХДФ, аналогичным получаемым при оксихлорировании. Можно ожидать, что в случае образования ПХДД и ПХДФ, они отделяются с потоками, содержащими остаточный кокс. Если остаточный кокс используется в энергопроизводстве, необходимо учитывать возможность образования ПХДД и ПХДФ.

Атмосферные выбросы процесса хлорирования содержат следы  $TiCl_4$ ,  $Cl_2$ , HCl, CO and COS, даже после конденсации  $TiCl_4$ .  $TiCl_4$ ,  $Cl_2$  and HCl удаляют в несколько стадий промыванием отходящих газов кислотой. Отмывочные жидкости возвращают в процесс или восстанавливают как чистую соляную кислоту, которую частично продают (28%).

### 2.4 Уничтожение побочных продуктов

Существует три типа обработки отходов: сжигание, термическое окисление и каталитическое окисление. Некоторые подробности по каждому из этих типов представлены в главе, посвященной дихлорэтану и винилхлориду в European Commission 2003. Когда сжигают тяжелые фракции, образуются некоторые из химических веществ, перечисленных в Приложении С, как и при сжигании любых опасных отходов. Европейское бюро IPPC занимается в настоящее время составлением BREF по процессам сжигания отходов. Однако уже сейчас в США, Европейском Союзе и Японии, помимо других стран, разработаны соответствующие юридические требования и наилучшие имеющиеся методы. Методы, альтернативные сжиганию муниципальных твердых отходов, опасных отходов или шлама сточных вод, которые приведены в разделе V.A настоящих принципов (например, химическое восстановление в газовой фазе, щелочное каталитическое дехлорирование и механохимическое дегалогенирование), могут быть также использованы для определенных способов разложения

побочных продуктов. Процесс Catoxid<sup>®</sup> представляет собой каталитическое окисление органических веществ в кипящем слое. В этом процессе образуется поток HCl и CO<sub>2</sub>, который отправляется целиком в реактор для оксихлорирования с целью внутренней рециркуляции (Randall, 1994).

## 2.5 Продукты

Многие продукты этих процессов проанализированы на присутствие химических веществ, перечисленных в Приложении С, и особенно ПХДД и ПХДФ. В общем случае продукты, получаемые в цепи хлор - каустическая сода - через винилхлорид, имеют низкие концентрации таких загрязнителей; однако для этих и других продуктов концентрация стойких органических загрязнителей может зависеть от эффективности дистилляции или другого способа очистки.

IPEN (2006b) и включенные в него ссылки содержат отчеты об остаточных количествах ПХДД и ПХДФ в различных продуктах. ПХДД/ПХДФ были также обнаружены в пяти хлорсодержащих химикатах, включая триклозан, Ni et al.(2005). Содержание ГХБ в пестицидах описано в Barber, Sweetman and Jones 2005 и во включенных в этот источник ссылках. Хлорированные растворители, полученные с применением современных приемов очистки, были протестированы на содержание ГХБ, было обнаружено, что он присутствует в в нижней части диапазона концентраций мкг/кг (частей на миллиард: < 20 для трихлорэтилена и < 10 для перхлорэтилена). Аналогичная информация также содержится в UNEP 2003. Очевидно, что эффективное выполнение стадий очистки позволяет обеспечить низкие уровни остаточных количеств загрязнений в продуктах.

## 3. Альтернативные процессы, позволяющие избежать образования химических веществ, перечисленных в Приложении С

### 3.1 Общие подходы

Во многих случаях имеются альтернативные процессы, с помощью которых могут быть получены целевые продукты. Для процессов, в которых образуются химические вещества, перечисленные в Приложении С, могут быть найдены альтернативные варианты, не приводящие к образованию таких загрязнителей. В соответствии с Конвенцией (указания по альтернативным методам, приведенные в настоящем документе) и с проверенной производственной практикой, перед началом строительства новых производственных установок или существенной их реконструкцией, следует тщательно рассмотреть альтернативные процессы и технологии.

### 3.2 Сульфатный процесс получения двуокиси титана

Для получения TiO<sub>2</sub> имеется альтернативный промышленный процесс с использованием серной кислоты вместо хлора.

В сульфатном процессе получения TiO<sub>2</sub> руда высушивается, измельчается и сортируется с целью обеспечения эффективной сульфатации путем перемешивания с концентрированной серной кислотой в периодической или непрерывно протекающей экзотермической реакцией варки. Контролируемые условия позволяют при минимальном использовании кислоты максимально увеличить превращение TiO<sub>2</sub> в растворимый в воде сернокислый титанил. Получаемую в результате сухую зелено-коричневую лепешку сульфатов металлов растворяют в воде или слабой кислоте, и раствор обрабатывают, добиваясь присутствия только железа в двухвалентном состоянии. Температуру раствора понижают, чтобы предотвратить преждевременный гидролиз, и раствор осветляют путем осаждения и химического хлопьеобразования. Затем очищенный раствор дополнительно охлаждают для кристаллизации крупнозернистого гептагидрата сульфата железа (известного под названием «мелатерит», FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O), который изолируется в процессе и продается как побочный продукт.



Нерастворимую “грязь” промывают для утилизации щелока сернокислого титанила. Чтобы удалить конечные нерастворимые загрязнители, эту жидкость фильтруют, затем испаряют до получения точного состава. После этого осуществляется гидролиз с получением некой суспензии («пульпы»), состоящей преимущественно из кластеров коллоидной водной двуокиси титана.

Чтобы достичь необходимого размера частиц, тщательно регулируют процесс осаждения, для чего обычно пользуются технологией затравок либо зародышей кристаллизации. Затем пульпу отделяют от материнского щелока и энергично промывают для удаления следов металлических загрязнений, используя при необходимости вещество, вызывающее образование хелатных соединений. Промытая пульпа обрабатывается химическими веществами, которые регулируют физическую текстуру и действуют в качестве катализаторов на ступени кальцинирования. В зависимости от присадок, используемых перед кальцинированием, этот процесс может давать либо анатазные, либо рутильные кристаллические формы (Web-сайт Millennium Chemical Corporation).

Сульфатный процесс требует 2.4–3.5 т концентрированной  $H_2SO_4$  на тонну  $TiO_2$ , в зависимости от используемого сырья. Серная кислота на выходе процесса превращается в сульфат, особенно сульфат железа(II), или выходит в виде свободной серной кислоты в отработанной кислоте. Общий объем отработанной кислоты, образующейся в результате процесса, составляет примерно до 6–9 т на тонну пигмента. Извлечение этой серной кислоты из отработанной кислоты разделяется на два процесса:

- Извлечение свободной кислоты выпариванием;
- Термическое разложение сульфатов и получение  $H_2SO_4$  на основе диоксида серы.

Отработанная кислота концентрируется выпариванием примерно до 70%, при этой концентрации сульфат железа имеет минимальную растворимость. Затем кислота охлаждается. После кристаллизации солей они отделяются от кислоты фильтрацией. Почти свободная от солей кислота может быть возвращена в процесс непосредственно или после дальнейшего концентрирования. В противном случае она может использоваться для других химических процессов или ее разлагают до  $SO_2$ .

Выделенные сульфаты, насыщенные серной кислотой, термически разлагаются в реакторе с кипящим слоем при температурах  $800^{\circ}$ – $1,000^{\circ}$  С (с добавлением серы, угля или нефти в качестве топлива) до диоксида серы и оксида железа. После очистки полученный диоксид серы перерабатывается прямой перегонкой в серную кислоту. Остаточный оксид железа может быть вновь использован в цементной промышленности.

Хлоридный процесс производит гораздо меньше отходов, но может привести к образованию небольших количеств химических веществ, перечисленных в Приложении С, в частности, высоко хлорированных фуранов (EPA 2006). Образование отходов в сульфатном процессе (включая серную кислоту и другие минеральные отходы) может быть значительно выше, но для этого процесса отсутствуют данные об образовании химических веществ, перечисленных в Приложении С. Взамен ликвидации небольшого количества таких загрязнителей образуются большие количества других поступающих в отходы материалов, что, возможно, и не является оптимальным подходом к решению экологических задач. Наилучшие имеющиеся методы могут зависеть от конкретной установки, поэтому их нужно рассматривать для каждого случая отдельно.

## 4. Основные и дополнительные меры

### 4.1 Подходы к производству, позволяющие снизить выбросы химических веществ, перечисленных в Приложении С

Подробные комментарии относительно проектирования химического производства и разработки схемы процесса выходят за рамки настоящего руководства. Однако

ответственность за эксплуатацию требует признать, что химические процессы, будучи необходимыми для современной жизни, сопряжены с рисками. Чтобы снизить эти риски в максимальной степени, процессы должны быть спроектированы на основе современных стандартов безопасности и экологических стандартов, как подчеркивается, например, в BREFs Европейского Союза и соответствующих правилах в США и Японии. Конкретные химические процессы должны проектироваться с привлечением опытных инженеров.

Приемлемый проект должен принимать во внимание возможность наличия побочных продуктов и отходов и предусматривать безопасное обращение с ними или ликвидацию. Необходимо признать, что, если процесс может потенциально привести к образованию химических веществ, перечисленных в Приложении С, четыре потока, выходящие из установки – воздух, вода, твердые остатки и продукт – также содержат в себе этот потенциал. Современное проектирование процессов принимает во внимание этот потенциал, измеряет его реальность, контролирует его и включает операции для снижения или исключения выбросов этих материалов, соответственно требованиям Конвенции. Современное управление безопасностью включает в себя интенсивное обучение для операторов и достаточный инструментарий для аналитики и управления процессом с тем, чтобы установка в целом эксплуатировалась по стандартам ответственного отношения.

Главные требования для современного безопасного производства могут быть сформулированы следующим образом:

- Применение наилучших имеющихся методов, включая технологии высокого уровня эксплуатации, при проектировании и конструировании установок;
- Эффективные, замкнутые циклы для контроля побочных продуктов и уничтожения отходов и выбросов;
- Эффективное управление побочными продуктами и обращение с отходами;
- Установки, предназначенные для уничтожения отходов и выбросов должны находиться под ответственностью самого предприятия и под внешним контролем;
- Приверженность стандарту 0.1 нг I-TEQ/м<sup>3</sup> для атмосферных выбросов при уничтожении любых побочных продуктов, отходов и выбросов<sup>1</sup>;
- Разработка четко прописанного режима для внутреннего и внешнего мониторинга ключевых эксплуатационных параметров.

## 4.2 Основные меры

### 4.2.1 Дистилляция и внутренняя рециркуляция побочных продуктов

Дистилляция в основном используется для того, чтобы обеспечить чистоту продукта, достаточную для последующей обработки. Например, винилхлорид изготавливают путем оксихлорирования и очищают путем дистилляции. Дистилляцию проводят тщательно, чтобы предотвратить возможность разрушения последующего процесса полимеризации загрязняющими веществами. Ненасыщенные материалы, которые могут действовать как сомомеры, конкурирующие в процессе полимеризации, и насыщенные или ароматические материалы, склонные к реакциям со свободными радикалами, отличным от реакций полимеризации, могут отрицательно сказываться на кинетике реакций полимеризации.

Дистилляция и высокая степень чистоты важны для хорошего производства. Дистилляционные системы могут быть спроектированы для реализации сепарации материалов с близкими либо далеко отстоящими друг от друга точками кипения. Точки кипения химических продуктов прямого процесса хлорирования и точки кипения конкурирующих загрязняющих веществ позволяют на практике разделять эти вещества. Кроме того, их точки кипения отличаются от

<sup>1</sup> 1 нг (нанограмм) =  $1 \times 10^{-12}$  килограмм ( $1 \times 10^{-9}$  грамм); нм<sup>3</sup> = нормальный кубический метр, сухого газового объема при 0° С и 101,3 кПа. Информация по измерению токсичности приведена в Разделе I.C, подразделе 3 настоящего Руководства.

точек кипения химических веществ, перечисленных в Приложении С, вполне достаточно для того, чтобы можно было достичь практически полного разделения потоков. В документе Европейской комиссии (European Commission, 2003) отмечается, что очищенный дихлорэтан не содержит значительных количеств ПХДД/ПХДФ.

В процессе разрушения хлорированных побочных продуктов учитывается возможность сбора и повторного использования HCl (Web-сайт Vinnolit). Это представляется даже более важным, потому что небольшие изменения в образовании стойких органических загрязнителей перед ступенью дистилляции не отражаются на качестве целевых продуктов после дистилляции.

Дистилляция является средством отделения целевого продукта от непреднамеренных побочных продуктов и используется в химической промышленности всюду, начиная от производства потребительских товаров и кончая пестицидами. Освоение конструкции и эксплуатации дистилляционной аппаратуры в принципе относительно простое дело. Количество остаточного побочного продукта, содержащегося в промышленном продукте, может быть сведено к минимуму с помощью соответствующей конструкции и эксплуатации дистилляционной аппаратуры. Реализация более полного разделения материалов с точками кипения, которые не так далеко отстоят друг от друга, как например, у винилхлорида и у различных побочных продуктов с меньшим молекулярным весом, является большей частью делом правильного выбора конструкции, а также строительных и эксплуатационных расходов. Различия в концентрации химических веществ, перечисленных в Приложении С и содержащихся в промышленном продукте, могут быть объяснены различиями в местном регламентировании продуктов.

#### **4.2.2 Устранение углеродных электродов в производстве хлора и каустической соды**

В старой технологии при производстве хлора и каустической соды использовались графитовые аноды. Остаточные материалы, обнаруживаемые в этих элементах, содержали значительные количества ПХДД и особенно ПХДФ (UNEP, 2003). Эту проблему устранили в большинстве стран мира после изобретения Г.Б. Беэром (H.V. Beer) в 1965 году покрытого титанового анода и последующей замены графитовых анодов в этих процессах (European Commission, 2001). Учитывая, что старая технология все еще используется, ее нельзя признать наилучшим имеющимся методом.

#### **4.2.3 Устранение щелочной обработки 1,2,4,5-тетрахлорфенола и 2,4,5-трихлорфенола**

Производство 2,4,5-трихлорфенола осуществляли с помощью щелочной обработки 1,2,4,5-тетрахлорбензола. Этот хлорированный фенол в присутствии избытка щелочи мог образовывать значительные количества такого побочного продукта как тетрахлордифензоп-дилксин (ТХДД). Этот процесс не является наилучшим имеющимся методом.

#### **4.2.4 Устранение фенольного пути получения хлоранила**

Этот процесс описан в документе ЮНЕП (UNEP, 2003). Хлоранил (2,3,5,6-тетрахлор-2,5-парахинон-1,4-дион) является промежуточным продуктом для производства диоксазиновых красителей. Когда он готовится путем хлорирования фенола или анилина с помощью элементарного хлора, в качестве побочных продуктов образуются значительные количества ПХДД/ПХДФ. Этот процесс не является наилучшим имеющимся методом. Хлорирование гидрохинона с помощью HCl дает гораздо более чистый продукт.

#### **4.2.5 Модифицированное производство пентахлорфенола и пентахлорфената натрия**

Нижеследующие процессы также описаны в документе ЮНЕП (UNEP, 2003). В промышленности известны три пути получения пентахлорфенола: хлорирование фенола с помощью Cl<sub>2</sub> над поверхностью катализатора; гидролиз гексахлорбензола (ГХБ) с помощью едкого натра; и термолиз ГХБ. Первый из них наиболее общепринят в настоящее время. Пентахлорфенат натрия можно получить с помощью гидролиза ГХБ или, что является более обычным, обработкой пентахлорфенола едким натром.

В случае обоих продуктов тщательное регулирование условий реакции (например, температуры, скорости подачи хлора и чистоты катализатора) приводит к значительному уменьшению микрозагрязнителей ПХДД. В США выброс этих материалов был уменьшен с приблизительно 3–4 мг I-TEQ/кг в середине и конце 80-х до приблизительно 1 мг I-TEQ/кг после 1988 г. (EPA, 2001).

Кроме того, технологические установки, использующие продукты, изготовленные в названных выше процессах, должны проектироваться с учетом необходимости проведения своих собственных дополнительных мер, особенно практических методов удаления отходов, применяя наилучшие имеющиеся методы.

#### **4.2.6 Использование водорода при оксихлорировании**

Чистота сырья в процессе оксихлорирования может быть значима при образовании побочных продуктов, хотя проблема, как правило, заключается в присутствии низких уровней ацетилена, который обычно присутствует в HCl, получаемой в процессе крекинга дихлорэтана. Ацетилен, подаваемый в реактор для оксихлорирования, может, в принципе, преобразоваться в сильно хлорированные продукты C<sub>2</sub>, а хлорированные продукты C<sub>2</sub> могут приводить к образованию хлорированных ароматических соединений путем циклотримеризации (Web-сайт OxyVinyls, страницы по технологии оксихлорирования и технологии гидрогенизации). Избирательная гидрогенизация этого ацетилена в этилен и этан в реакторе до проведения реакции оксихлорирования широко используется в качестве меры, позволяющей избежать синтез побочных продуктов и особенно полихлорированных алифатических соединений. (См. Рис. 2).

#### **4.2.7 Техническое обслуживание катализаторов и регулирование равномерности температурного распределения**

Реакторы с кипящим слоем обычно имеют лучшее распределение температуры и более равномерный режим работы, хотя упоминавшееся ранее истирание частиц катализатора может вызвать перенос катализатора в другие потоки технологической установки. В случае реакторов оксихлорирования в неподвижном слое правильное заполнение и обслуживание катализатора позволяет уменьшить перегретые участки и загрязнение каталитического слоя, потерю производительности и возможность образования высокомолекулярных продуктов. Чтобы поддерживать эффективность работы катализатора, слой катализатора меняют на регулярной основе.

#### **4.2.8 Уменьшение содержания ароматических углеводородов в сырье, поступающем в реакторы оксихлорирования**

В двух патентах предусматривается предварительная обработка воздуха или HCl, используемых в процессе оксихлорирования для удаления ароматических соединений, которые по-видимому являются исходными материалами для образования различных стойких органических загрязнителей (Cowfer, Johnston and Popiel 1998, 2001). Эта запатентованная технология является собственностью фирмы и как таковая не может быть пригодна для осуществления в качестве наилучшего имеющегося метода, но она указывает на еще один основной подход.

Подача сырья в реакторы оксихлорирования должна контролироваться для минимизации или удаления сырья, содержащего высшие органические и ароматические вещества, присутствие которых может привести к образованию больших количеств веществ, перечисленных в Приложении С. Поскольку сырье из тяжелых фракций производства дихлорэтилена или растворителей может содержать такие соединения, перед их использованием в производстве растворителей тяжелые фракции следует тщательно обработать.

### **4.3 Дополнительные меры - наилучшие имеющиеся методы для использования в практике обработки отходов**

Назначение дистилляции или иной ступени очистки состоит в отделении целевого продукта от побочных продуктов и в концентрации химических веществ, перечисленных в Приложении С, в потоке побочных продуктов. Существует ряд процессов, которые в состоянии обрабатывать

потоки побочных продуктов, многие из которых описаны в разделе V.A настоящих руководящих принципов. В этой связи альтернативы процессу сжигания, описанные в этом разделе, могут быть также пригодны для решения задачи разрушения перечисленных в Приложении С химических веществ.

## 5. Выводы по принимаемым мерам

Меры для сокращения объемов химических веществ, перечисленных в Приложении С, которые образуются в результате определенных процессов химического производства могут быть сведены к следующим:

- Изменить процессы так, чтобы уменьшить образование химических веществ, перечисленных в Приложении С;
- Внедрить технологические стадии по удалению загрязнений, присутствующих в сырьевых материалах, и проводить тщательное техническое обслуживание в ходе эксплуатации;
- Если позволяют физические свойства, очищать продукты путем дистилляции;
- Сделать рециркуляцию непреднамеренно образующихся высокомолекулярных побочных продуктов неотъемлемой частью технологического процесса.
- Обращаться с отходами надлежащим образом, полностью принимая во внимание потенциальную возможность выбросов химических веществ, перечисленных в Приложении С, в атмосферный воздух, воду и почву, чтобы избежать их непреднамеренного образования.

## 6. Эксплуатационные нормативы и меры

### 6.1 Эксплуатационные нормативы допустимого загрязнения

Эксплуатационные нормативы могут устанавливаться в разрешениях, выдаваемых заводам на производственную деятельность, и могут быть различными. Выброс такого побочного продукта как ПХДД/ПХДФ упоминается в Уставе Европейского Совета производителей винила и отражен в процессе OSPAR (Осло-Парижская конвенция о защите морской окружающей среды северо-восточной Атлантики) в виде Решения 98/4 и принятия наилучшего имеющегося метода в виде Рекомендации 96/2 PARCOM (Парижская комиссия). Эта норма составляет 1 мкг ТЕQ/тонну ежегодного оксихлорированного выброса в воду. Предельные выбросы в атмосферу, приведенные в Уставе Европейского Совета производителей винила, составляют 0,1 нг I-ТЕQ/нм<sup>3</sup> (Интернет-сайт ECVM). Этот предел соответствует установленному Европейским Союзом пределу для выбросов ПХДД/ПХДФ в атмосферу из мусоросжигательных установок.

В Европейском Союзе требования в отношении химической промышленности основываются на Директиве Совета 69/61/ЕС об интегрированном предотвращении и контроле загрязнений. Четыре BREF по наилучшим имеющимся методам в крупнотоннажной, специальной органической и неорганической подотраслях химической промышленности описывают комплексные требования к экологически обоснованной эксплуатации всех промышленных установок, включая стандарты для выбросов ПХДД/ПХДФ (European Commission 2001, 2003, 2006a, 2006b). Для любой сжигательной установки или ее части в химической промышленности в пределах Европейского Союза основой для эксплуатации является требование в отношении предельного уровня в 1 нг I-ТЕQ/нм<sup>3</sup>.

В Японии выбросы в атмосферу из сжигающих устройств регулируются в соответствии с величиной технологической установки и тем, является ли она новой или реконструированной.

Мощные новые мусоросжигающие печи должны удовлетворять норме 0,1 нг I-ТЕQ/нм<sup>3</sup>. Выбросы в воду из таких процессов ограничиваются нормой 10 пг ТЕQ/л стока. Предельные нормы в других регионах и странах обычно согласуются с правилами, принятыми на местах для установок по сжиганию опасных отходов.

В США, как и в других регионах, предложены правила, основанные на максимально достижимой технологии контроля (МАСТ), для контроля за выбросами в атмосферу ГХБ и других опасных загрязнителей из мусоросжигательных установок, установок для сжигания медицинских отходов, цементных печей и малотоннажных печных агрегатов, в которых сжигают опасные отходы

Американское агентство по охране окружающей среды (ЕРА) регулирует предельно допустимые концентрации ГХБ в качестве загрязнителя в некоторых пестицидах. Установленный уровень для ГХБ как микрозагрязнителя составляет порядка 40–50 частей на миллион. Как отмечено в Bailey 2001, благодаря усовершенствованиям процесса, реальные концентрации ГХБ в продуктах пестицидов могут быть значительно ниже.

В Канаде, как во многих странах, ГХБ является запрещенным веществом. Канадское законодательство запрещает производство, применение, продажу или импорт ГХБ. Однако эти ограничения не применяются к ГХБ в таких случаях, когда:

- Это случайный побочный продукт процесса производства основного продукта, который присутствует в продукте в концентрации, не превышающей 20 частей на миллион; или
- ГХБ содержится в контролируемом продукте (пестициды, гербициды и т.д.) в пределах значений, указанных в Разделе 2 Канадского Закона о средствах борьбы с вредителями (Canadian Pest Control Products Act).

## 6.2 Эксплуатационные меры

Эти меры могут включать в себя проведение химических анализов для потоков выбросов и в некоторых районах отчетность по стойким органическим загрязнителям для целей Регистра выбросов и переноса загрязнителей, такого как Реестр токсичных выбросов в США (ЕРА 2006; Интернет-сайт ССС).

## Приложение I. Синтез потребительских химических веществ

Вещество	Процесс	Использование процесса	Сопутствующие продукты
Хлор, едкий натр	$\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Cl}_2 + \text{NaOH} + \text{H}_2$ См. European Commission, 2001, 2003;	Более обычен	
<b>Органические вещества</b>			
Хлористый аллил	Прямое хлорирование пропилена > 300° С	Более обычен	HCl
	Пиролиз 1,2-дихлорпропана	Менее обычен	Хлорированные олефины, HCl

РАЗДЕЛ VI.F. Специфические процессы химических производств, сопряженные с выбросом химических веществ, перечисленных в Приложении С

Вещество	Процесс	Использование процесса	Сопутствующие продукты
Хлораниловый краситель	См. UNEP 2003		
Хлоропрен (2-хлор-1,3-бутадиен)	<p><math>C_2H_2 + CuCl/NH_4Cl \rightarrow</math> винил ацетилен + <math>HCl \rightarrow</math> хлоропрен</p> <p>Паровая фаза: бутадиен + <math>Cl_2 \rightarrow</math> 1,4 и 3,4 дихлор; изомеризованный (катализатор Cu) до 3,4 дихлор; <math>HCl</math> через <math>NaOH</math>; дистиллированный для отделения низкокипящих моно-<math>Cl</math>s; 3,4-ди; 1,4-ди; тяжелые фракции</p>	<p>Менее обычен</p> <p>Более обычен</p>	<p><math>NaCl</math>; перехлорированные продукты</p>
Хлорированные бензолы	<p>Паровая фаза: бензол + хлор + <math>HCl</math></p> <p>Жидкая фаза: <math>Cl_2/FeCl_3</math> для получения смеси; регулируется количеством хлорирующего агента (мономеры); некоторые другие специальные процессы для определенных изомеров; материалы с высоким содержанием <math>Cl</math> могут выпадать в осадок. Очищаются дистилляцией и кристаллизацией; разделение затруднено</p>	<p>Менее обычен</p> <p>Более обычен</p>	<p>Смешанный продукт</p> <p><math>HCl</math></p>
Эпихлоргидрин	<p>Хлористый аллил + <math>HOCl</math> (хлористая вода) <math>\rightarrow</math> хлоргидрины глицерина + <math>NaOH/(CaOH)_2 \rightarrow</math> эпихлоргидрин</p> <p>Десорбированный паром затем дистиллированный</p>	Более обычен	Гидролизированный продукт; полимеры

РАЗДЕЛ VI.F. Специфические процессы химических производств, сопряженные с выбросом химических веществ, перечисленных в Приложении С

Вещество	Процесс	Использование процесса	Сопутствующие продукты
	Кроме того: пропилен + O <sub>2</sub> (промотированный катализатор) → аллилацетат → аллиловый спирт + Cl <sub>2</sub> → хлористый аллил		
Изоцеануратовые дезинфицирующие средства	Изоцеануровая кислота + NaOH + Cl <sub>2</sub>		
Фосген	CO + Cl <sub>2</sub> используемые практически немедленно для производства поликарбоната и полиуретана		
Хлорированные фенолы	Мало хлорированные фенолы; фенол + Cl <sub>2</sub> ; различные катализаторы кислоты Льюиса; FeCl <sub>3</sub> , ZnCl <sub>2</sub>	Более обычен	
Пентахлорфенол (ПХФ)	Фенол + Cl <sub>2</sub> ; AlCl <sub>3</sub> в качестве основного промышленного катализатора; 100–180° C	Более обычен	HCl
	Гексахлорбензол (ГХБ) + NaOH	Менее обычен	NaCl
Пентахлорфенолят натрия	ПХФ + NaOH	Более обычен	NaCl
	ГХБ + NaOH	Менее обычен	NaCl
Дихлорэтилен (ViCl <sub>2</sub> )	1,1,2-трихлорэтан + NaOH или Ca(OH) <sub>2</sub> ; может также быть сопутствующим продуктом высокотемпературного хлорирования материалов C <sub>2</sub>	Более обычен	NaCl or CaCl <sub>2</sub>
Винилхлорид (ВХ)	Ацетилен + HCl → винилхлорид; катализатор Hg	Менее обычен	
	Этилен + Cl <sub>2</sub> → ЭДХ (прямой; катализатор Fe); HCl + O <sub>2</sub> + этилен	Более обычен	



Вещество	Процесс	Использование процесса	Сопутствующие продукты
	→ ЭДХ (оксихлорирование; катализатор Cu)  См. European Commission 2001, 2003		
<b>Продукты C<sub>1</sub></b>			
Хлористый метил	CH <sub>4</sub> + Cl <sub>2</sub> с помощью тепла или света  CH <sub>3</sub> OH + HCl → CH <sub>3</sub> Cl	Более обычен  Более обычен	
Другие хлорированные метаны	CH <sub>3</sub> Cl + Cl <sub>2</sub> с помощью тепла или света → CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> , CHCl <sub>3</sub> , CCl <sub>4</sub>  CS <sub>2</sub> + Cl <sub>2</sub> → S <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> + CCl <sub>4</sub>  CS <sub>2</sub> + S <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> → S + CCl <sub>4</sub>	Более обычен  Менее обычен	
<b>Продукты C<sub>2</sub></b>			
<b>Хлорированные этаны</b>			
1,1-ди	VX + HCl/FeCl <sub>3</sub>	Более обычен	
1,2-ди (ЭДХ)	Этилен + Cl <sub>2</sub> → ЭДХ (катализатор Fe) (прямое хлорирование)  Этилен + HCl + O <sub>2</sub> (катализатор Cu) → ЭДХ (оксихлорирование)	Более обычен	
1,1,1-три	1,1-ди + Cl <sub>2</sub> (фотохимический)	Более обычен	HCl
	1,1,2-три → 1,1,1-три  Этан + Cl <sub>2</sub>	Более обычен  Менее обычен	
1,1,2-три	VX + Cl <sub>2</sub>  ЭДХ + Cl <sub>2</sub>	Более обычен  Более обычен	HCl
1,1,1,2-тетра, 1,1,2,2-тетра	ЭДХ + Cl <sub>2</sub> (может включать оксихлорирование)  C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> + Cl <sub>2</sub>	Более обычен	HCl

Вещество	Процесс	Использование процесса	Сопутствующие продукты
	$C_2H_4 + Cl_2$	Более обычен	HCl
1,1,1,2,2-пента	ТХЭ + $Cl_2 \rightarrow$ пента		
<b>Хлорированные этилены</b>			
Трихлорэтилен (ТХЭ) и перхлорэтилен (тетрахлорэтилен) (ПХЭ)	$ЭДХ + Cl_2 \rightarrow$ ТХЭ + ПХЭ	Более обычен	HCl
	$ЭДХ + Cl_2 \rightarrow$ ПХЭ + $CCl_4$	Более обычен	HCl
	$2 CCl_4 \rightarrow$ ПХЭ	Более обычен	
	$ЭДХ + Cl_2 + O_2 \rightarrow$ ПХЭ/ТХЭ	Более обычен	
	Тетрахлорэтаны + тепло $\rightarrow$ ТХЭ	Более обычен	HCl
	Пентахлорэтан + тепло $\rightarrow$ ПХЭ	Менее обычен	HCl
<b>Неорганические вещества</b>			
HCl	Побочный продукт; соль + серная кислота; водород + хлор; восстановлен из сожженных хлорированных органических веществ	Более обычен	
TiO <sub>2</sub>	$C, Cl_2, \text{руда } TiO_2 \rightarrow TiCl_4 + O_2 \rightarrow TiO_2$	Более обычен	Cl <sub>2</sub> , рециркуляция
	$\text{Руда } TiO_2 + H_2SO_4 \rightarrow Ti(SO_4)_2 \rightarrow TiO_2$	Менее обычен	Сульфаты
FeCl <sub>3</sub>	Железо или окись железа + HCl $\rightarrow$ FeCl <sub>3</sub>		
Гипохлориты	Na: $2NaOH + Cl_2 \rightarrow NaOCl$		NaCl
	Ca: $Ca(OH)_2 + 2Cl_2 \rightarrow Ca(OCl)_2$ также с использованием NaOCl для удаления хлора; регенерированы, затем высушены		CaCl <sub>2</sub>
ZnCl <sub>2</sub>	$Zn + HCl \rightarrow ZnCl_2$		
ClO <sub>2</sub>	Образуется из HClO <sub>2</sub>		

Вещество	Процесс	Использование процесса	Сопутствующие продукты
	или NaClO <sub>3</sub>		

## Ссылки на литературу

Bailey R.E. 2001. "Global Hexachlorobenzene Emissions." *Chemosphere* 43:2.

Barber J., Sweetman A. and Jones K. 2005. *Hexachlorobenzene: Sources, Environmental Fate and Risk Characterisation*. Euro Chlor. [www.eurochlor.org/upload/documents/document187.pdf](http://www.eurochlor.org/upload/documents/document187.pdf); annexes: [www.eurochlor.org/upload/documents/document72.pdf](http://www.eurochlor.org/upload/documents/document72.pdf)

Barber J., Sweetman A., van Wijk D. and Jones K. 2005. "Hexachlorobenzene in the Global Environment: Emissions, Levels, Distribution, Trends and Processes." *Science of the Total Environment* 349:1–44.

Carroll W.F., Borrelli F.E., Jacobs R.A., Lewis J.W., McCreedy R.L., Tuhovak D.R. and Weston A.F. 1997. "Characterization of Emissions of Dioxins and Furans from Ethylene Dichloride (EDC), Vinyl Chloride (VCM) and Polyvinyl Chloride (PVC) Facilities in the United States: II, Ila Wastewater Treatment Solids and Aqueous Hydrochloric Acid." *Organohalogen Compd.* 32:447–450.

CCC (Chlorine Chemistry Council). *Total Releases (of PCDD/F) for 2000 and 2001*. [www.trifacts.org/table.html](http://www.trifacts.org/table.html).

ChEResources. *Distillation: ChE Links*. [www.cheresources.com/l\\_distillation.shtml](http://www.cheresources.com/l_distillation.shtml).

Cowfer J.A., Johnston V.J. and Popiel L. 1998. *Method for Reducing Formation of Polychlorinated Aromatic Compounds during Air Oxychlorination of C<sub>1</sub>-C<sub>3</sub> Hydrocarbons*. US Patent 5,750,812.

Cowfer J.A., Johnston V.J. and Popiel L. 2001. *Method for Reducing Formation of Polychlorinated Aromatic Compounds during Oxychlorination of C<sub>1</sub>-C<sub>3</sub> Hydrocarbons*. US Patent 6,177,599.

ECVM (European Council of Vinyl Manufacturers). *Industry Charter for the Production of VCM and PVC*. [www.ecvm.org/img/db/SPVCcharter.pdf](http://www.ecvm.org/img/db/SPVCcharter.pdf).

EPA (United States Environmental Protection Agency). 1997. *Locating and Estimating Air Emissions from Sources of Dioxins and Furans*. EPA-454/R-97-003. EPA, Office of Air Quality Planning and Standards, Office of Air and Radiation, Washington, D.C.

EPA (United States Environmental Protection Agency). 2001. *Database of Sources of Environmental Releases of Dioxin-Like Compounds in the United States*. EPA, Washington, D.C. [www.epa.gov/ncea/dioxindb.htm](http://www.epa.gov/ncea/dioxindb.htm).

EPA (United States Environmental Protection Agency). 2006. *TRI Explorer*. EPA, Washington, D.C. [www.epa.gov/triexplorer/](http://www.epa.gov/triexplorer/).

European Commission. 2001. *Reference Document on Best Available Techniques in the Chlor-Alkali Manufacturing Industry*. BAT Reference Document (BREF). European IPPC Bureau, Seville, Spain. [eippcb.jrc.es/pages/BActivities.cfm](http://eippcb.jrc.es/pages/BActivities.cfm).

European Commission. 2003. *Reference Document on Best Available Techniques in the Large Volume Organic Chemicals Industry*. BAT Reference Document (BREF). European IPPC Bureau, Seville, Spain. [eippcb.jrc.es/pages/BActivities.cfm](http://eippcb.jrc.es/pages/BActivities.cfm).

European Commission. 2006a. *Reference Document on Best Available Techniques for the Manufacture of Large Volume Inorganic Chemicals: Solid and Others*. Draft BAT Reference Document (BREF). European IPPC Bureau, Seville, Spain. [eippcb.jrc.es/pages/BActivities.cfm](http://eippcb.jrc.es/pages/BActivities.cfm).

European Commission. 2006b. *Reference Document on Best Available Techniques for the Production of Speciality Inorganic Chemicals*. Draft BAT Reference Document (BREF). European IPPC Bureau, Seville, Spain. [eippcb.jrc.es/pages/BActivities.cfm](http://eippcb.jrc.es/pages/BActivities.cfm).

Fiedler H., Hutzinger O., Welsch-Paulsch K. and Schmiedinger A. 2000. *Evaluation of the Occurrence of PCDD/PCDF and POPs in Wastes and Their Potential to Enter the Foodchain*. Final Report. Study on behalf of the European Commission, DG Environment. University of Bayreuth.

IPEN (International POPs Elimination Network). 2006a. *The Spolchemie Chlor-Alkali and Chlorine-Based Chemical Production Plant in Usti nad Labem (Czech Republic): Case Study for Hexachlorobenzene Unintentional Production*.

IPEN (International POPs Elimination Network). 2006b. *Unintentional POPs in Pesticides*. ([www.ipen.org](http://www.ipen.org))

Lenoir D., Wehrmeier A., Sidhu S.S. and Taylor P.H. 2001. "Formation and Inhibition of Chloroaromatic Micropollutants Formed in Incineration Processes." *Chemosphere* 43:107–114.

Millennium Chemical Corporation. *Titanium Dioxide Manufacturing Processes*. [www.millenniumchem.com/](http://www.millenniumchem.com/).

Ni Y., Zang Z., Zang Q., Chen J., Wu Y. and Liang X. 2005. Distribution Patterns of PCDD/Fs in Chlorinated Chemicals. *Chemosphere* 60(6):779-84.

OxyVinyls. *Direct Chlorination*. [www.oxyvinyls.com/tech\\_licensing/DirectChlorination.html](http://www.oxyvinyls.com/tech_licensing/DirectChlorination.html).

OxyVinyls. *Hydrogenation Technology*. [www.oxyvinyls.com/tech\\_licensing/Hydrogenation.html](http://www.oxyvinyls.com/tech_licensing/Hydrogenation.html).

OxyVinyls. *Oxychlorination: Fixed Bed Technology*. [www.oxyvinyls.com/tech\\_licensing/OxyFixedBed.html](http://www.oxyvinyls.com/tech_licensing/OxyFixedBed.html).

OxyVinyls. *Oxychlorination: Fluid Bed Technology*. [www.oxyvinyls.com/tech\\_licensing/OxyFluidBed.html](http://www.oxyvinyls.com/tech_licensing/OxyFluidBed.html).

OxyVinyls. *Oxychlorination Technology*. [www.oxyvinyls.com/tech\\_licensing/Oxychlorination.html](http://www.oxyvinyls.com/tech_licensing/Oxychlorination.html).

Randall P.M. 1994. "Pollution Prevention Strategies for Minimization of Industrial Wastes in the VCM-PVC Industry." *Environmental Progress* 13:269–277.

Rippen G. and Frank R. 1986. "Estimation of Hexachlorobenzene Pathways from the Technosphere into the Environment." In: *Hexachlorobenzene: Proceedings of an International Symposium, Lyon* (eds. Morris C.R. and Cabral J.R.P.) IARC Scientific Publication No. 77. International Agency for Research on Cancer.

UK Environment Agency. 1997. *A Review of Dioxin Releases to Land and Water in the UK*. Research and Development Publication 3. Environment Agency, Bristol, United Kingdom.

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).

Vinnolit. *VinTec By-product Recovery Process*. [www.vinnolit.de/lizenz/recover.htm](http://www.vinnolit.de/lizenz/recover.htm).

Vinnolit. *VinTec EDC Oxychlorination Process*. [www.vinnolit.de/lizenz/oxy.htm](http://www.vinnolit.de/lizenz/oxy.htm).

Wiley Interscience. 2000. *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*. 4<sup>th</sup> Edition. John Wiley and Sons, New York.

World Chlorine Council. 2002. *Products of the Chlorine Tree*. [worldchlorine.com/publications/pdf/chlorine.pdf](http://worldchlorine.com/publications/pdf/chlorine.pdf).

## **Раздел VI**

### **Указания и руководящие принципы по категориям источников:**

#### **Категории источников в Части III Приложения С**

#### **Категория источников (g)**

#### **Крематории**

## Содержание

VI.G. Крематории .....	3
1. Описание процесса .....	3
2. Источники химических веществ, перечисленных в Приложении С Стокгольмской конвенции .....	4
2.1 Общая информация по выбросам из крематориев .....	5
2.2 Выбросы в атмосферу ПХДД/ПХДФ .....	5
2.3 Выбросы в другие среды .....	5
3. Рекомендуются процессы .....	6
3.1 Общий обзор .....	6
3.2 Наилучшие имеющиеся методы .....	6
3.3 Наилучшие виды природоохранной деятельности .....	7
4. Основные и дополнительные меры .....	7
4.1 Основные меры .....	7
4.2 Дополнительные меры .....	8
5. Сводный перечень мер .....	9
6. Достижимые эксплуатационные уровни выбросов .....	12
Ссылки на литературу .....	12

## Таблицы

<a href="#">Таблица 1. Меры в отношении процессов, рекомендуемых для крематориев .....</a>	9
<a href="#">Таблица 2. Перечень основных и дополнительных мер, рекомендуемых для крематориев .....</a>	10

## Рисунки

Рисунок 1. Схема типичного процесса кремирования .....	4
--------------------------------------------------------	---

## VI.G. Крематории

### Резюме

С давних пор и по настоящее время кремация являлась важной и принятой в обществе религиозной и культурной практикой, применяемой во многих культурах и странах при смерти людей. Во многих случаях кремация является неотъемлемой частью религиозной практики и похоронного ритуала определенной страны или культуры, в других случаях – это добровольная альтернатива захоронению. Данные руководящие принципы не являются попыткой изменить такую практику или приуменьшить ее значение для придерживающихся ее людей. Напротив, для тех стран, где кремация практикуется в соответствии с положениями Стокгольмской конвенции, данные руководящие принципы могут предложить подходы, позволяющие свести к минимуму или устранить образование и выбросы в процессе кремации химических веществ, перечисленных в Приложении С.

Образование и выбросы ПХДД, ПХДФ, ГХБ и ПХБ из крематориев возможны вследствие присутствия этих хлорированных материалов, предшественников и хлора на трупах и некоторых сжигаемых вместе с трупами изделиях из пластика. Меры по минимизации образования и выброса химических веществ, перечисленных в Приложении С, включают устранение хлорированных материалов, конструкцию крематориев, предусматривающую температуру печи в 850° С, двухсекундное время удержания дымовых газов в зоне горения и достаточное количество воздуха для обеспечения сгорания. Крупные новые крематории должны также оборудоваться воздухоочистными устройствами для минимизации выбросов сернистого газа, хлористого водорода, угарного газа, летучих органических соединений, взвешенных частиц и стойких органических загрязнителей. Применительно к выбросам в атмосферу ПХДД/ПХДФ к наилучшим имеющимся методам относится эксплуатационный уровень < 0.1 нг ТЕQ/нм<sup>3</sup>.

### 1. Описание процесса

Кремация – это уничтожение трупа путем сжигания. Такой процесс может быть либо неконтролируемым открытым сжиганием на погребальных кострах, либо контролируемым сжиганием в кремационной печи, установленной в крематории. Применительно к целям настоящего документа рассматриваются только кремационные установки в связи с задачей предотвращения выбросов стойких органических загрязнителей, и не рассматривается открытое сжигание. Однако отмечается, что в некоторых странах культурная и общественная практика может определять, какие процессы будут использоваться для устранения трупов. Поэтому рассмотрение и учет этих вопросов является важным.

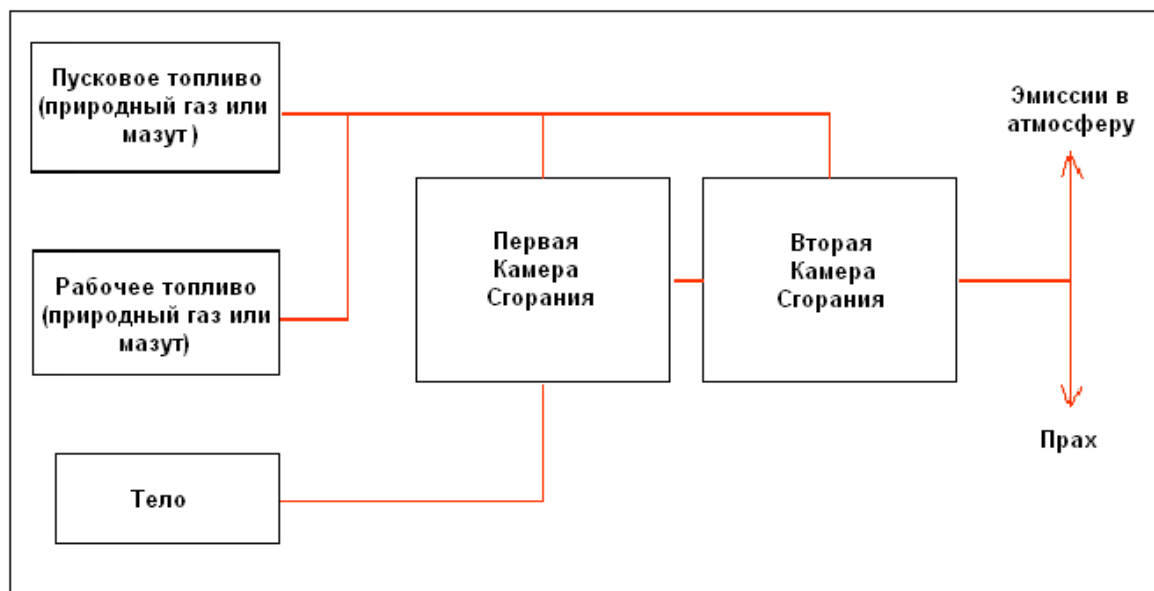
Крематории обычно состоят из двух камер сгорания (рис. 1). В первой, или основной, находится печь, в которую поступает гроб. Печь снабжена вентиляторной воздушной продувкой и одной или двумя вспомогательными сжигателями (обычно в 200–300 kW). Печи обычно работают на газе, хотя в некоторых местностях топливом может служить нефть. Есть также несколько конструкций крематориев с электропечами. Основные камеры обычно имеют объем в 1.5 - 2.5 м<sup>3</sup>. Сжигание гроба и трупа происходит на стационарном поде, и газы горения, продукты неполного сгорания и увлеченные взвешенные частицы, образуемые в данном процессе, далее поступают во вторую камеру сгорания.

Во второй камере может подаваться дополнительный воздух для сгорания и имеется система дожигателя для обеспечения полного сгорания. Вторая камера иногда также используется для предварительного подогрева воздуха, подаваемого в первую камеру.

Дымовые газы выводятся из крематория либо посредством эксгаустера, либо эжекторной системы. Очень в немногих странах требуется устанавливать воздухоочистное оборудование на выходе крематория, но в тех случаях, когда оно устанавливается, это обычно система сухой

инъекции/фильтрации. В этой системе соответствующий абсорбент, например смесь известкового порошка и активированного угля, впрыскивается в поток охлажденного газа, после чего с помощью эффективного мешочного фильтра улавливается впрыснутый порошок вместе с захваченными им частицами. В Великобритании, например, новые крематории и некоторые старые крематории оснащаются адсорбционными системами контроля за выбросами ртути, которые в то же время позволяют улавливать и диоксины.

**Рисунок 1. Схема типичного процесса кремирования**



Многие крематории по всему миру имеют устаревшую конструкцию с меньшей по размеру второй камерой, с кратким временем удержания газа и, зачастую, без дожигателя. Старые крематории часто управляются вручную, и оператор принимает решение относительно длительности сжигания и подачи воздуха.

Кремация – в религиозном и культурном отношении важный и приемлемый обычай для многих культур и стран как образ действия в отношении смерти людей. Во многих случаях кремация неотъемлема от религиозных обычаев и обычаев погребения определенной страны или культуры; в других странах – это добровольная альтернатива захоронению.

Чрезвычайно важно помнить, что в любых дискуссиях по вопросу конструкции и эксплуатации крематориев обсуждается процесс, связанный с устранением человеческих останков. Поэтому такие дискуссии должны проводиться достойно, с пониманием того, что иногда может возникнуть конфликт между этическими и культурными требованиями с одной стороны, и экологическими пожеланиями, с другой.

## **2. Источники химических веществ, перечисленных в Приложении С Стокгольмской конвенции**

Образование и выбросы полихлорированных дибензо-п-диоксинов (ПХДД), полихлорированных дибензофуранов (ПХДФ), полихлорированных бифенилов (ПХБ) и гексахлорбензола (ГХБ) из крематориев возможны вследствие присутствия этих материалов, предшественников и хлора на трупах и некоторых сжигаемых вместе с трупами изделиях из пластика (например, материалы для отделки гроба, которые в некоторых странах более не используются). Однако, хотя проводились измерения выбросов ПХДД/ПХДФ из крематориев, имеется крайне мало данных по эмиссиям ПХБ и ГХБ. Поэтому об уровнях выбросов ПХБ и



ГХБ из таких источников можно судить с гораздо меньшей уверенностью, чем в отношении выбросов ПХДД/ПХДФ.

## 2.1 Общая информация по выбросам из крематориев

Выбросы в атмосферу состоят из оксидов азота ( $\text{NO}_x$ ), угарного газа (CO), сернистого газа ( $\text{SO}_2$ ), взвешенных частиц, металлических соединений, включая ртуть, органических соединений и ПХДД/ПХДФ.

Как отмечалось выше, некоторые крематории оборудованы воздухоочистными установками, например, с блоком инъекции извести и активированного угля и тканевыми фильтрами. Однако, у большинства крематориев оборудование либо минимальное (камера сжигания и труба) либо более усовершенствованное, со второй камерой сжигания и дожигателями.

## 2.2 Выбросы в атмосферу ПХДД/ПХДФ

ПХДД/ПХДФ образуются при неполном сгорании либо при синтезе *de novo*, когда в поступающих материалах или отходящих газах присутствуют органические вещества и соединения хлора.

Хотя считается, что ПХДД/ПХДФ, ПХБ и ГХБ разрушаются при высоких температурах (выше  $850^\circ\text{C}$ ) в присутствии кислорода, синтез ПХДД/ПХДФ *de novo* возможен при охлаждении газов горения в течение увеличенного периода времени в пределах температурного окна, способствующего их повторному образованию (между  $200^\circ\text{C}$  и  $400^\circ\text{C}$ ). Такое окно может присутствовать в системах очистки, оборудовании для рекуперации энергии и в менее нагретых участках печи, например, во впускной зоне. Для предотвращения синтеза *de novo*, при конструировании охлаждающих систем предусматривается минимальное время удержания в вышеозначенном температурном диапазоне.

Во многих странах оборудование для кремации устанавливается в старых, не предназначенных для этого сооружениях. Поэтому там часто прокладывают длинные горизонтальные трубы, где эксплуатационная температура приходится на окно повторного образования. В таких системах также осаждаются взвешенные частицы, часто содержащие адсорбированные прекурсоры, что дополнительно способствует реакциям повторного образования.

Например, в Великобритании общее требование по крематориям составляет показатель концентрации ПХДД/ПХДФ в выбросах менее  $0.1\text{ нг TEQ}/\text{м}^3$  стандартизованного при 11% кислорода, сухом газе, и при стандартных температуре и давлении ( $0^\circ\text{C}$ ,  $101.3\text{ кПа}$ ).<sup>1</sup> Однако, для подтверждения соответствия требуется только выполнение технических требований по сгоранию в отношении минимального времени удержания, температуры и кислорода во второй камере.

В ходе обсуждения обновленного руководства по регуляторным нормам был представлен обзор по выбросам типичных крематориев. В этом обзоре приводились показатели ПХДД/ПХДФ от  $0.01$  до  $0.12\text{ нг I-TEQ}/\text{м}^3$ , концентрации ПХБ были низкими, хотя значимую роль при оценке выбросов играет предел обнаружения.

## 2.3. Выбросы в другие среды

В соответствии с предназначением данного процесса, обращение с прахом рассматривается с этических позиций и зачастую не подлежит контролю. Однако, внутри камер крематория и дымовых путей часто образуются отложения, которые удаляются в процессе технического обслуживания. В Великобритании такие материалы закапываются на территории крематория (так же, как металлы, извлеченные из печи и золы). Федерацией Британских организаций контроля за кремированием и Обществом кремирования Великобритании было проведено небольшое исследование по замеру уровней ПХДД/ПХДФ в золе и прахе (Edwards 2001).

<sup>1</sup>  $1\text{ нг (нанограмм)} = 1 \times 10^{-12}\text{ килограмм}$  ( $1 \times 10^{-9}\text{ грамм}$ ). Информация по измерениям токсичности приводится в разделе I.C, параграф 3 настоящего руководства.

Обнаруженные уровни были достаточно низкими и не представляют значительного потенциального риска.

### **3. Рекомендуемые процессы**

#### **3.1 Общий обзор**

Конструкция крематориев должна быть рассчитана на температуру в печи в 850° С, двухсекундное время удержания газов горения и достаточный избыточный объем воздуха для обеспечения горения. Конструкции, не отвечающие данным критериям, не должны сооружаться, за исключением тех случаев, когда доказано, что они могут функционировать без значительных выбросов стойких органических загрязнителей.

К более крупным сооружениям, подпадающим под Директиву ЕС по комплексному предотвращению загрязнения и контролю, могут также предъявляться требования по системам контроля загрязнения воздуха, обеспечивающим нормативы по выбросам в атмосферу прочих загрязняющих веществ. Такие системы могут, например, включать установки селективного некаталитического восстановления для контроля уровня NO<sub>x</sub>, инъекции извести для улавливания кислых газов (SO<sub>2</sub> и HCl), инъекции углерода для улавливания ртути и ПХДД/ПХДФ, и тканевой фильтрации для улавливания взвешенных частиц.

#### **3.2 Наилучшие имеющиеся методы**

Наилучшие имеющиеся методы – это методы, учитывающие как технические, так и управленческие аспекты. Контроль уровня стойких органических загрязнителей включает:

- Крематорий, отвечающий требованиям по показателям минимальной температуры, времени удержания и подачи кислорода, и в отношении которого такое соответствие требованиям подтверждено на практике;
- Адекватное оборудование воздухоочистки (для контроля за стойкими органическими загрязнителями такое оборудование должно будет включать управление температурными режимами для регулирования времени удержания в окне повторного образования, блок инъекции угольного порошка и тканевую или равноценную фильтрацию);
- Камеры сгорания и кожухи должны выполняться максимально герметично и работать при сниженном давлении для минимизации выбросов дымовых газов;
- Температура газов должна контролироваться для обеспечения соответствия систем минимальным температурным критериям (посредством использования дополнительных топливных горелок) и наличия внутренней блокировки загрузки при падении температуры ниже минимального уровня;
- Должен проводиться мониторинг уровней кислорода и угарного газа в отходящих газах, связанный с системой контроля для обеспечения адекватной воздухоподачи и решения каких-либо возникающих проблем горения;
- Механизированная загрузка и подача гробов с целью минимизации риска воздействия вредных веществ на операторов;
- Сооружения для хранения гробов, снабженные охлаждающими установками, замками, защитой от грызунов и птиц, а также системой устранения запахов;
- Гробы и фурнитура должны изготавливаться из горючих материалов. Необходимо устранить использование или размещение в гробах предметов, содержащих ПВХ, металлы и хлорсодержащие вещества;

- Эффективное операционное управление, техосмотры и профилактические обслуживание блоков, выход из строя которых может оказать воздействие на окружающую среду посредством выброса стойких органических загрязнителей;
- Должны быть определены должностные обязанности операторов и предоставлена соответствующая подготовка;
- Применение нормативов по предельно допустимым выбросам и мониторинг выбросов для подтверждения соответствия нормативам по выбросам стойких органических загрязнителей.

Наилучшие имеющиеся методы по прочим видам загрязняющих веществ в данном перечне не рассматривались. Необходимо также признать возможные значения иных факторов при определении наилучших имеющихся методов в отношении того или иного сооружения (например, соображения водо- и энергопотребления).

### **3.3 Наилучшие виды природоохранной деятельности**

С точки зрения наилучших видов природоохранной деятельности, страны должны прежде всего стремиться создавать сооружения, соответствующие требованиям по минимальной температуре в печи, времени удержания и потребности в кислороде. Следует отметить, что для соблюдения местных регуляторных норм в отношении эмиссий и качества атмосферного воздуха может потребоваться установка воздухоочистного оборудования для улавливания веществ, отличных от стойких органических загрязнителей.

В случае, когда установлено воздухоочистное оборудование и оборудование термо-рекуперации, конструкция такого оборудования должна учитывать риск *de novo* образования ПХДД/ПХДФ посредством минимизации времени удержания материала в температурном окне повторного образования. Необходимо подтвердить безопасность эмиссии таких сооружений в отношении стойких органических загрязнителей путем проведения соответствующих замеров при введении установки в эксплуатацию.

## **4. Основные и дополнительные меры**

### **4.1 Основные меры**

Основные меры – это меры по предотвращению загрязнений, позволяющие сократить или устранить образование и выбросы стойких органических загрязнителей. Такие меры включают:

#### **4.1.1 Конструкция кремационных печей**

Конструкция кремационной печи должна обеспечивать поддержание минимальной температуры в 850° С в процессе загрузки, сжигания и извлечения золы трупа и гроба, при времени удержания газа в 2 секунды и достаточном количестве кислорода для обеспечения деструкции остаточных загрязнителей.

Для обеспечения названных требований конструкция должна включать вторую камеру сгорания с дожигателями или воздушной инъекцией. Особое внимание должно уделяться обеспечению достаточного размера второй камеры и обеспечению необходимого объема (объем потока после последней инъекции горючего или воздуха при минимальной температуре газа в 850° С по всему объему). Важно избегать охлаждения дымовых газов до температур окна повторного образования.

Признано, что в малых, не механизированных крематориях уровень 850° С может быть трудно достижим.

#### **4.1.2 Подготовка к кремации**

Необходимо избегать присутствия ПВХ, металлов и других загрязнителей (особенно соединений хлора) в материале гроба и отделки для снижения образования стойких органических загрязнителей в ходе неполного сгорания или синтеза *de novo*. Адекватный подбор материалов может способствовать эффективному сокращению выбросов загрязнителей.

Следует также избегать практики помещения в гроб личных вещей или запрещать ее во избежание дополнительного риска образования СОЗ. Крематории могут принимать правила по допустимости, например, медицинских имплантантов или предметов сентиментальной значимости (Australasian Cemeteries and Crematoria Association 2004).

#### **4.1.3 Топливо**

Необходимо свести к минимуму использование регенерированного из отходов топлива и иных видов топлива, потенциально загрязненного стойкими органическими загрязнителями. Такое топливо не должно использоваться при запуске печи, когда температуры ниже 850° С и условия в печи могут быть нестабильными. Более крупные крематории должны быть рассчитаны на самоподдерживающееся горение в печи и минимальное использование топлива.

#### **4.1.4 Эффективный контроль за сгоранием**

Три принципа лежат в основе эффективного контроля за сгоранием в крематории:

- Поддержание температуры на входе и выходе второй камеры на уровне, превышающем 850° С;
- Поддержание концентрации кислорода (и, следовательно, избыточного воздуха) в пределах второй камеры на уровне большем, чем 6% от объема;
- Удержание газов горения в пределах второй камеры по меньшей мере в течение 2 секунд.

#### **4.1.5 Эффективное управление процессом**

Необходимо использовать системы управления процессом для поддержания стабильности процесса и работы печи при таких параметрах, которые обеспечат минимизацию образования стойких органических загрязнителей, например, поддержание температуры печи выше 850° С. Необходимо осуществлять постоянный контроль таких параметров, как температура, время удержания, уровни СО, содержание летучих органических соединений и других газообразных веществ, и поддерживать эти параметры на уровне, обеспечивающем оптимальные операционные условия.

#### **4.1.6 Компетентность оператора**

Работа операторов кремационной установки является ключевым фактором обеспечения безопасной и экологически дружелюбной эксплуатации. Весь персонал по управлению таким сооружением должен быть компетентным в своих профессиональных обязанностях, в частности, в отношении эксплуатационного управления, технического обслуживания, условий запуска процесса и местных законодательных норм в области экологии. Компетентность операторов должна обеспечиваться адекватной подготовкой на уровне, необходимом для операций данного сооружения.

### **4.2 Дополнительные меры**

Дополнительные меры связаны с методами контроля загрязнения окружающей среды. Эти методы не устраняют образования загрязнителей, но способствуют ограничению и предотвращению эмиссий.

#### 4.2.1 Сбор дыма и газов

Эмиссии в атмосферу должны контролироваться на всех стадиях процесса, включая стадии погрузочно-разгрузочных операций, сжигания и перемещения материалов, с целью снижения выбросов стойких органических загрязнителей. Важно обеспечить герметизацию печей для предотвращения утечки газов, обеспечения рекуперации теплоты и сбора отходящих газов для обработки или удаления. Для минимизации утечки газов из системы необходимо использовать соответствующие конструкции вытяжных систем и трубопроводов.

#### 4.2.2 Воздухоочистное оборудование

На крупных сооружениях должно устанавливаться воздухоочистное оборудование для обеспечения очистки всех значимых выбросов в атмосферу. Тщательный выбор типа, конструкции и применения воздухоочистного оборудования для улавливания прочих загрязнителей будет также способствовать сокращению эмиссий стойких органических загрязнителей. В конструкции должна учитываться потенциальная возможность образования de novo определенных стойких органических загрязнителей, с тем, чтобы свести ее к минимуму. Для снижения выбросов ПХДД/ПХДФ в атмосферу должны удаляться взвешенные частицы (хотя они позднее будут захоронены на свалке). Тканевые фильтры являются эффективным методом, но в основном это низкотемпературные устройства (до 200° С).

Работа воздухоочистного оборудования должна постоянно контролироваться при помощи специальных устройств для обнаружения сбоев. Среди новых разработок есть также методы очистки в оперативном режиме и использования каталитических покрытий для уничтожения ПХДД/ПХДФ.

Необходимо также рассмотреть уместность обработки активированным углем для удаления стойких органических загрязнителей из отходящих газов. Активированный уголь обладает большой площадью поверхности, на которой может адсорбироваться ПХДД/ПХДФ. Обработка отходящих газов активированным углем может производиться при помощи реакторов со стационарным или подвижным слоем, либо путем инъекции в поток газа порошкового активированного угля, который далее подлежит удалению как фильтруемая пыль при помощи высокоэффективных систем пылеудаления, таких, например, как тканевые фильтры.

### 5. Сводный перечень мер

Таблица 1. Меры в отношении процессов, рекомендуемых для крематориев

Меры	Описание	Учитываемые факторы	Примечания
Рекомендуемые процессы	Крупные новые сооружения в развивающихся странах	Минимум 850° С, 2-х секундное время удержания в необходимом объеме при достаточной подаче воздуха для обеспечения деструкции стойких органических загрязнителей. Оснащается воздухоочистным оборудованием для минимизации выбросов SO <sub>2</sub> , HCl, CO, летучих органических соединений, взвешенных частиц и стойких органических загрязнителей.	Считаются наилучшими имеющимися методами. Также необходимо иметь системы управления, возможности подтверждения соответствия данного сооружения стандартам по предельно допустимым выбросам, а также систему постоянного мониторинга для обеспечения такого соответствия

Меры	Описание	Учитываемые факторы	Примечания
	Малые сооружения	Минимум 850° C, 2-х секундное время удержания в необходимом объеме при достаточной подаче воздуха для обеспечения деструкции стойких органических загрязнителей.	Для малых сооружений эти условия должны быть минимально достаточными для решения вопросов удаления стойких органических загрязнителей. Они могут приниматься на основе типового механизма утверждения и инспекций управления сооружением (вместо проведения дорогостоящих анализов на содержание эмиссий)

**Таблица 2. Перечень основных и дополнительных мер, рекомендуемых для крематориев**

Меры	Описание	Учитываемые факторы	Примечания
<i>Основные меры</i>			
Конструкция печи			Оптимальное место для максимальной деструкции стойких органических загрязнителей и сведения к минимуму их образования
Подготовка к кремации	Необходимо избегать присутствия материалов из пластика, металлов и хлорсодержащих веществ в материале и отделке гробов для снижения образования стойких органических загрязнителей в результате неполного сгорания или синтеза de novo	Устранение хлорсодержащих пластмасс	Достаточно низкотехнологично, но с успехом внедрено в Великобритании
Топливо	Использование чистых видов топлива для поддержания горения		
Эффективный контроль за сгоранием	Технологические условия горения должны соответствовать минимальным требованиям по температурам, содержанию кислорода и времени удержания	Хорошие результаты сгорания при минимально 850° C, 6% O <sub>2</sub> и 2-х секундном времени удержания	Требует хороших принципов конструирования и методов управления для обеспечения соответствия требованиям

Меры	Описание	Учитываемые факторы	Примечания
Эффективное управление процессом	Системы управления процессом должны использоваться для поддержания стабильности процесса и эксплуатационных параметров на том уровне, который будет способствовать минимизации эмиссий стойких органических загрязнителей	Эмиссии ПХДД/ПХДФ могут быть сведены к минимуму путем управления другими переменными, такими как температура, время удержания, газообразные компоненты	Базовым параметром управления является использование адекватных температур. Мониторинг содержания кислорода, СО и летучих органических соединений является более сложным, но однозначным. Однако, главным является наличие системы управления, способной в реальном времени реагировать на показатели подачи воздуха в камеру сгорания, данные дожигателей и прочие контрольные параметры
Подготовка операторов	Тщательная подготовка операторов может быть предоставлена производителями кремационного оборудования либо торговыми организациями		Например, программа подготовки техников крематориев в Великобритании
<b>Дополнительные меры</b>			
Сбор дыма и газа	Эффективная локализация печных газов при всех условиях процесса кремации для избежания их утечки в атмосферу	Рекомендуемые процессы включают герметизацию печей для избежания утечки газов и обеспечения рекуперации теплоты и сбора отходящих газов	
Воздухоочистное оборудование	Обработка взвешенных частиц будет способствовать сокращению потенциальных выбросов стойких органических загрязнителей. Рекомендуется обработка активированным углем, поскольку этот материал обладает большой площадью поверхности, на которую может адсорбироваться ПХДД/ПХДФ из отходящих газов	Тканевая фильтрация является наиболее эффективным методом улавливания взвешенных частиц, сочетающимся с применением сухих / полусухих сорбентов кислого газа и средств удаления металлов. Однако, при этом потребуются снижение температуры. Инжекция порошкового активированного угля в газовый поток с последующим его удалением пылеуловителем	Использование воздухоочистного оборудования порождает дополнительные отходы и требует расходных материалов. Возможно потребуется снижение температуры отходящих газов (во избежание необходимости использовать менее тривиальные фильтрующие материалы), соответственно необходимо свести к минимуму время пребывания в температурном окне повторного образования. Следует стремиться

Меры	Описание	Учитываемые факторы	Примечания
			избегать образования стойких органических загрязнителей в печи. Однако данный подход предоставляет возможность резервной поддержки в случае сбоя процесса и считается наилучшим имеющимся методом в Европе для процессов сжигания

## 6. Достижимые эксплуатационные уровни выбросов

Достижимый эксплуатационный уровень выбросов в атмосферу ПХДД/ПХДФ из крематориев это  $<0.1$  нг I-TEQ/нм<sup>3</sup>. Для сжигательной установки эти уровни выбросов выражаются как весовые концентрации при 11% кислорода в отсутствие влаги при стандартных температуре и давлении (0° С, 101.3 кПа). Поскольку имеется мало достоверной информации о выбросах ПХБ и ГХБ из крематориев, не ясно, какие уровни выбросов могут быть для них достигнуты.

Данные о крематориях Великобритании (Edwards 2001) для ПХДД/ПХДФ варьируют между 0.01 и 0.12 нг I-TEQ/нм<sup>3</sup>. Данные для установок, имеющихся во Франции, по ПХДД/ПХДФ находятся в интервале между 0.1 and 4.2 нг I-TEQ/нм<sup>3</sup> (Livolsi et al 2006). Средний результат по оценке ЮНЕП для крематория в Бангкоке, имеющего длинную кирпичную дымовую трубу, по ПХДД/ПХДФ был 17.6 нг I-TEQ/нм<sup>3</sup> (Fiedler 2001). В обзоре по крематориям Республики Корея сообщается о концентрациях ПХДД/ПХДФ от 0.46 до 2.1 нг I-TEQ/нм<sup>3</sup> (Kim et al. 2003).

### Ссылки на литературу

Australasian Cemeteries and Crematoria Association. 2004. *Cemetery Trust Manual*. Victorian Government Department of Human Services, Public Health Division.

Edwards P. 2001. "Review of Emissions from Crematoria in the UK." AEA Technology Report. *Resurgam* 44:81–128 and *Pharos International* 67:3.

Fiedler H. 2001. *Thailand Dioxin Sampling and Analysis Program*. Report by UNEP Chemicals in cooperation with PCD, GTZ, Euro Chlor.

Kim D.H. et al. 2003. "Estimation of PCDDs, PCDFs and PAHs Emission from Crematories in Korea." *Organohalogen Compd.* 63:9–12.

Livolsi B, Labrousse S. Baron P. Fiani E. (2006) "Dioxin emissions from French crematoria and associated health impact" *Organohalogen Compounds* 68. In press.



## **Раздел VI**

**Указания и руководящие принципы по категориям источников:**

**Категории источников в Части III Приложения С**

**Категория источников (h)**

**Транспортные средства, прежде всего работающие на этилированном бензине**

## Содержание

VI.H. Транспортные средства, прежде всего работающие на этилированном бензине.....	3
1. Введение.....	3
1.1. Описание процесса.....	3
1.2. Виды топлива, виды двигателей и выбросы.....	3
2. Образование и выбросы ПХДД/ПХДФ.....	4
2.1 Исследования выбросов ПХДД/ПХДФ.....	4
2.2. Сводные выводы исследований.....	5
3. Наилучшие имеющиеся методы и наилучшие виды природоохранной деятельности.....	6
4. Законодательные меры по снижению эмиссий ПХДД/ПХДФ.....	7
Ссылки на литературу.....	7

## Таблицы

<a href="#">Таблица 1. Эмиссии ПХДД/ПХДФ в выхлопных газах автотранспорта.....</a>	4
------------------------------------------------------------------------------------	---

## VI.H. Транспортные средства, прежде всего работающие на этилированном бензине

### Резюме

Основные виды горючего, используемые в транспортных средствах, это бензин и дизельное топливо. Все большее значение приобретает сжиженный нефтяной газ, топливо на основе растительных масел и прочее биотопливо, спирто-нефтяные смеси.

ПХДД/ПХДФ обнаруживают в выхлопных газах автотранспорта, работающего на бензине или дизельном топливе. Более высокие концентрации характерны для выхлопов автотранспорта, работающего на этилированном бензине, вследствие наличия в горючем хлорированных или бромированных присадок.

В качестве альтернативы этилированному бензину можно рекомендовать: неэтилированный бензин (желательно с катализатором); дизельное топливо (желательно с фильтром макрочастиц); сжиженный нефтяной газ; сжатый природный газ; пропан/бутан; биотопливо; спирто-нефтяные смеси.

Наилучшие имеющиеся методы включают запрет на галогенированные присадки, оснащение автомашин каталитическим нейтрализатором или фильтром макрочастиц.

Отсутствуют данные замеров по биотопливам, спирто-нефтяным смесям и сжиженному нефтяному газу, полностью отсутствуют данные по двухтактным двигателям.

### 1. Введение

#### 1.1. Описание процесса

Применительно к автотранспорту, описание процесса относительно простое. Бензиновый двигатель получает энергию от взрыва смеси воздуха и бензина, а в дизельном двигателе горючее не взрывается, а сгорает. При зажигании, топливовоздушная смесь быстро расширяется в цилиндре, перемещая поршень сверху вниз. После выброса выхлопной газ в первые несколько секунд разжижается примерно в тысячу раз и быстро охлаждается (ДЕН 2004).

#### 1.2. Виды топлива, виды двигателей и выбросы

Основными видами топлива, используемого на транспорте, являются бензин, дизельное топливо и сжиженный нефтяной газ. Большинство бензиновых двигателей внутреннего сгорания, используемых сегодня в автомобилях, грузовиках, мотоциклах и прочих транспортных средствах, являются четырехтактными. Как и при многих процессах сгорания, в двигателях внутреннего сгорания в качестве непреднамеренных побочных продуктов образуются полихлорированные дибензо-п-диоксины (ПХДД) и полихлорированные дибензофураны (ПХДФ) (UNEP 2005).

Большинство малых бензиновых двигателей внутреннего сгорания, используемых в лодках, снегоходах, мопедах, маломощных мотоциклах, газонокосилках, бензопилах и т.д. - двухтактные. В этих двигателях происходит тот же термодинамический цикл сгорания, что и в четырехтактном двигателе; однако в них только два такта – совместный такт впуска и выпуска, и такт сжатия, зажигания и сгорания. Самым важным отличием от четырехтактного двигателя является то, что все такты проходят в течение одного полного оборота коленчатого вала. Смазка обычно производится маслом, добавляемым в топливо. Поэтому могут иметь место выбросы большого числа загрязнителей в атмосферу, и КПД может быть ниже, чем у четырехтактного двигателя. Однако простота и дешевизна двухтактного двигателя делают его идеальным для малой техники.

Дизельные двигатели устанавливаются на большегрузных самосвалах, грузовиках, легковых автомобилях, строительном оборудовании, в лодках, генераторах, насосах, сельскохозяйственной технике, включая трактора и т.д. Обычно они четырехтактные и работают на дизельном топливе. Для зажигания используется компрессия, а не искра. Воздух нагнетается в цилиндр и сжимается. Дизельное топливо добавляется под высоким давлением и сжигается. В результате более эффективно используется топливо и понижается удельная эмиссия. Однако, дизельные двигатели генерируют выбросы взвешенных частиц в виде сажи вследствие неполного сгорания, особенно при запуске, разогреве и переменах нагрузки. Хорошо известно, что такие выхлопы содержат высокие концентрации полициклических ароматических углеводородов.

После того, как ПХДД/ПХДФ были впервые обнаружены в отработанном моторном масле (Ballschmiter et al. 1986), были получены многочисленные свидетельства формирования и выбросов ПХДД/ПХДФ в результате процессов сгорания в бензиновых и дизельных двигателях. Неполное сгорание и присутствие источника хлора в присадках масел или горючего приводит к образованию ПХДД/ПХДФ, химических веществ, перечисленных в Приложении С к Стокгольмской Конвенции (Marklund et al. 1987, 1990; Schwind et al. 1991; Hutzinger et al. 1992; Gullett and Ryan 1997). В случае бензиновых двигателей единственным значимым фактором выбросов ПХДД/ПХДФ являются выбросы в атмосферу, а дизельные двигатели образуют значительные количества твердых отложений (сажи). Однако не имеется данных с замерами концентраций ПХДД/ПХДФ в дизельной саже. (UNEP 2005).

## 2. Образование и выбросы ПХДД/ПХДФ

### 2.1 Исследования выбросов ПХДД/ПХДФ

В ряде европейских исследований и одном исследовании в США проводилась оценка эмиссий ПХДД/ПХДФ автотранспортом путем измерения присутствия ПХДД/ПХДФ в воздухе туннеля. Этот подход имеет то преимущество, что позволяет произвести случайную выборку по большому числу автомобилей разного срока службы и технического состояния. Недостаток такого подхода в том, что он опирается на косвенные измерения, что может внести неучтенные погрешности и затруднить интерпретацию результатов. Высказывались опасения, что замеры в туннеле могут дать завышенные показатели эмиссий из-за повторного подъема в воздух ранее осевших частиц и аккумуляции абсорбированных ПХДД/ПХДФ со временем. Мы сочли этот подход неадекватным и поэтому не рассматривали подробно его результаты. Более подробную информацию можно найти в библиографии в конце раздела («Исследования воздуха в туннелях и в окружающей среде»).

Первое исследование эмиссий из выхлопных труб было проведено Маркклундом (Marklund et al. 1987) на примере шведских машин. С тех пор было проведено несколько новых исследований на работающих двигателях (пассажирских автомобилей или грузовиков) либо на стендах/беговых барабанах. Испытывались разные виды топлива при различных условиях (моделирующих различные дорожные ситуации или различную нагрузку). Результаты исследований эмиссий в зависимости от потребления топлива приводятся в таблице 1.

Таблица 1. Эмиссии ПХДД/ПХДФ в выхлопных газах автотранспорта

Топливо	Вид автомобиля	Эмиссии (пг ТЕQ/л)	Ссылка
Этилированный бензин, четырехтактный	Легковой автомобиль, старый: до глушителя/в выхлопной трубе	60/10	Marklund et al. 1990
	Легковой автомобиль, новый: до глушителя/в выхлопной трубе	21/23	Marklund et al. 1990

Топливо	Вид автомобиля	Эмиссии (пг ТЕQ/л)	Ссылка
	Легковой автомобиль	0,55–1,66	Schwind et al. 1991
Дизельное	Грузовой автомобиль	291	Geueke et al. 1999
	Тяжелые грузовики	29,3–47,7	Gullett and Ryan 1997
	Легковой автомобиль	2–141	Schwind et al. 1991
	Грузовой автомобиль	4–88	Schwind et al. 1991
	Информация отсутствует	0,5; 0,6; 2,0	Kim et al. 2003
	Грузовой автомобиль	1,20–103	MoE Japan 2003
	Легковой автомобиль	1,47–121	MoE Japan 2003
Неэтилированный бензин, четырехтактный	Легковой автомобиль, старый и новый: до глушителя или в выхлопной трубе	3,5	Marklund et al. 1990
	Легковой автомобиль	5–22	Schwind et al. 1991
	Грузовой автомобиль	0,42; 0,99	MoE Japan 2003
	Легковой автомобиль	0,34–16,42	MoE Japan 2003
Неэтилированный бензин с катализатором, четырехтактный	Легковой автомобиль	2–3	Schwind et al. 1991

В 1994 г. Хагенмаер и др. проанализировали эмиссии автобуса с двигателем на дизельном горючем (Hagenmaier 1994; Hagenmaier et al. 1995). Концентрации ПХДД/ПХДФ составили около 1 пг/л для отдельных 2,3,7,8-замещенных конгенеров, а I-TEQ - 0.01 нг I-TEQ/л. Таким образом, результаты 1994 г. были значительно ниже, чем результаты, полученные в 1990 г. (Hagenmaier et al. 1990). В то время, как в 1990 г. количественно определялись смешанные галогенированные дибензо-п-диоксины (ПхДД) и дибензофураны (ПхДФ) (X = Br, Cl), в эмиссиях 1994 г. ПхДД/ПхДФ в пределах чувствительности обнаружено не было. Аналогично, концентрации ПХДД/ПХДФ были ниже определяемого предела в пробе выхлопов автомобиля на бензиновом двигателе (Hagenmaier et al. 1995). Данные результаты показывают, что с введением запрета на использование галогенированных очистителей (в Германии: см. BImSchV 1992), основной источник ПХДД/ПХДФ (и ПхДД/ПхДФ) был устранен. Результаты также показали, что перекрестное загрязнение действительно имело место, поскольку одни и те же контейнеры использовались для перевозки дизельного топлива, этилированного и неэтилированного бензина. В программе испытаний по определению выбросов ПХДД/ПХДФ и полихлорированных бифенилов (ПХБ) из двигателей внутреннего сгорания, в некоторых случаях определялись ПХБ на уровнях 3,6–8,0 пг WHO-TEQ/L, что было ниже в сравнении с уровнями диоксинов (Dyke 2005). В этом случае мог иметь место неконтролируемый эффект из-за недостаточной регулировки двигателя, что повлияло первоначальные попытки испытаний.

## 2.2. Сводные выводы исследований

Литературные источники, документирующие результаты европейских, японских (см. также Miyabara et al. 1999), корейских и американских исследований, свидетельствуют о том, что:

- Эмиссии ПХДД/ПХДФ автотранспорта, работающего на неэтилированном топливе, ниже, чем эмиссии автотранспорта, работающего на этилированном топливе;
- Более высокий уровень эмиссий автотранспорта, работающего на этилированном топливе, объясняется присутствием бромированных очистителей, добавляемых в топливо;
- Автомобили, оснащенные катализаторами, и работающие на неэтилированном бензине, имеют более низкие показатели эмиссии;
- Ограниченные исследования показывают, что катализаторы окисления дизельного топлива дают эффект снижения выбросов ПХДД/ПХДФ;
- Дизельные фильтры макрочастиц эффективно снижают эмиссии ПХДД/ПХДФ автомашин, работающих на дизельном топливе;
- Автомобили, работающие на дизельном топливе, имеют более низкие показатели эмиссий, чем транспорт на этилированном бензине, и несколько более высокие показатели, чем транспорт, работающий на неэтилированном бензине и оснащенный каталитическими дожигателями;
- Применение моторных масел с низким содержанием хлора (согласно экспериментам на дизельных двигателях) не приводит к снижению эмиссий ПХДД/ПХДФ.

Нет однозначных данных о влиянии на эмиссии возраста автомобиля. Маркклунд с сотрудниками (Marklund et al. 1990) отмечает более высокий уровень эмиссий у старых автомобилей, однако в немецком исследовании (Schwind et al. 1991; Nutzinger et al. 1992) такой зависимости не выявлено.

Не имеется подтвержденных замерами данных в отношении следующих типов двигателей:

- Двухтактные двигатели;
- Двигатели, работающие на сжиженном нефтяном газе;
- Двигатели, работающие на спирто-нефтяных смесях;
- Двигатели, работающие на биотопливе (рапсовое масло и т.д.)

### **3. Наилучшие имеющиеся методы и наилучшие виды природоохранной деятельности**

Наилучшие имеющиеся методы для снижения эмиссий ПХДД/ПХДФ автотранспорта могут включать:

- Запрет на галогенированные очистители;
- Запрет на использование этилированного бензина;
- Установка дизельных фильтров макрочастиц и/или каталитических дожигателей;
- Применение двигателей, альтернативных бензиновым (электродвигатели, двигатели, работающие на солнечных батареях и батареях топливных элементов).

Наилучшие виды природоохранной деятельности могут включать:

- Необходимо поощрять упреждающие подходы, такие как использование более высокую эффективность топлива. Должны пропагандироваться альтернативные виды транспорта, включая велосипедный, железнодорожный и другие виды общественного транспорта;

- Разделение транспортных контейнеров по видам топлива (например, не перевозить этилированный бензин, содержащий галогенированные очистители в контейнерах, также используемых для перевозки дизельного топлива или неэтилированного бензина);
- Запрещение использования этилированного бензина;
- Продвижение типов автомобилей с низким потреблением топлива;
- Обучение условиям вождения, способствующим меньшему образованию и выбросам загрязнителей;
- Хорошее техническое обслуживание автомобилей.

#### **4. Законодательные меры по снижению эмиссий ПХДД/ПХДФ**

В Японии «Закон об особых мерах по диоксинам» (вступивший в силу в 1999 г.) содержит нормативы по концентрациям эмиссий ПХДД/ПХДФ из конкретных источников, в список которых не включены выхлопные газы автотранспорта. Что касается автомобильного топлива, в 1980е годы был произведен 100% переход на неэтилированный бензин и продажи этилированного бензина были запрещены законом по свинцу, бензолу и сере. В районе Большого Токио дизельные автомашины должны быть оснащены фильтрами макрочастиц.

В Германии 19-й BImSchV запрещает использование галогенированных очистителей в автомобильных двигателях в качестве меры по снижению эмиссий ПХДД/ПХДФ от автотранспорта, работающего на этилированном бензине (BImSchV 1992)..

#### **Ссылки на литературу**

Ballschmiter K., Buchert H., Niemczyk R., Munder A. and Swerev M. 1986. "Automobile Exhausts versus Municipal Waste Incineration as Sources of the Polychlorodibenzodioxins (PCDD) and -furans (PCDF) found in the Environment." *Chemosphere* 15:901–915.

BImSchV. 1992. *19. Verordnung zur Durchführung des Bundesimmissionsschutzgesetzes vom 24.07.1992 (Verordnung über Chlor- und Bromverbindungen als Kraftstoffzusatz - 19. BImSchV)*. Bundesgesetzblatt Teil 1, Jahrgang 1992, 75 (Ordinance on ban of halogenated scavengers, Germany).

DEH (Department of the Environment and Heritage, Australia). 2004. *Dioxins Emissions from Motor Vehicles in Australia*. Technical Report No. 2, National Dioxins Program. Australian Government, Department of the Environment and Heritage.

Dyke P.H., Sutton M. 2005. "The Effect of Lubricating Oil on Diesel Engine PCDD/F and PCB Emissions." *Organohalogen Compd.* 67:2189-2191.

Dyke P.H., Sutton M., Wood D. 2006. Study on the effect of chlorine in lubricating oil on emissions of PCDD/F from a diesel engine. *Organohalogen Compd.* 68.

Geueke K.-J., Gessner A., Quass U., Bröker G. and Hiester E. 1999. "PCDD/F Emissions from Heavy Duty Vehicle Diesel Engines." *Chemosphere* 38:2791–2806.

Government of Japan. 2003. *Inventory of PCDDs/DFs Emissions*. Government of Japan, Ministry of the Environment, Tokyo. [www.env.go.jp/air/report/h15-05/index.html](http://www.env.go.jp/air/report/h15-05/index.html).

Gullett B. and Ryan J.V. 1997. "On-Road Sampling of Diesel Engine Emissions of Polychlorinated Dibenzo-p-dioxin and Polychlorinated Dibenzofuran." *Organohalogen Compd.* 32:451–456.

Hagenmaier H. 1994. "Contributions of Diesel-Powered Vehicles and Wood Burning to Overall PCDD/PCDF Emissions." *Organohalogen Compd.* 20:267–270.

- Hagenmaier H., Dawidowsky N., Weberuss U., Hutzinger O., Schwind K.-H., Thoma H., Essers U., Buhler B. and Greiner R. 1990. "Emission of Polyhalogenated Dibenzodioxins and Dibenzofurans from Combustion Engines." *Organohalogen Compd.* 2:329–334.
- Hagenmaier H., Krauss P., Vatter J. and Walczok M. 1995. "Eintrag und Verbleib von PCDD/PCDF: Bedeutung der Einträge durch Automobilabgase und Holzfeuerungen." *Organohalogen Compd.* 22:49–54.
- Hutzinger, O., Hagenmaier H., Essers U., Bessy E., Schwind K.-H., Thoma H., Dawidowsky N., Weberuss U., Betz U., Bühler U. and Greiner R. 1992. "Untersuchungen zur Emission halogener Dibenzodioxine und Dibenzofurane aus Verbrennungsmotoren beim Betrieb mit handelsüblichen Betriebsstoffen." GSF-Forschungszentrum, Munich, Germany.
- Kim K.-S., Hong K.-H., Ko Y.-H., Yoon K.-D. and Kim M.-G. 2003. "Emission Characteristics of PCDD/Fs in Diesel Engine with Variable Load Rate." *Chemosphere* 53:601–607.
- Larssen S., Brevik E.M. and Oehme M. 1990. "Emission Factors of PCDD and PCDF for Road Vehicles Obtained by a Tunnel Experiment." *Organohalogen Compd.* 1:453–456.
- Marklund S., Rappe C., Tysklind M. and Egebäck K. 1987. "Identification of Polychlorinated Dibenzofurans and Dioxins in Exhausts from Cars Run on Leaded Gasoline." *Chemosphere* 16:29–36.
- Marklund S., Andersson R., Tysklind M., Rappe C., Egebäck K.E., Bjorkman E. and Grigoriadis V. 1990. "Emissions of PCDDs and PCDFs in Gasoline and Diesel Fueled Cars." *Chemosphere* 20:553–561.
- Miyabara Y., Hashimoto S., Sagai M. and Morita M. 1999. "PCDDs and PCDFs in Vehicle Exhaust Particles in Japan." *Chemosphere* 39:143–150.
- Oehme M., Larssen S. and Brevik E.M. 1991. "Emission Factors of PCDD/CDF for Road Vehicles Obtained by a Tunnel Experiment." *Chemosphere* 23:1699–1708.
- Rappe C., Kjeller L.O., Bruckmann P. and Hackhe K.H. 1988. "Identification and Quantification of PCDD/CDFs in Urban Air." *Chemosphere* 17:3–20.
- Schwind K.-H., Thoma H., Hutzinger O., Dawidowsky N., Weberuss U., Hagenmaier H., Buehler U., Greiner R., Essers U. and Bessey E. 1991. "Emission halogener Dibenzodioxine (PXDD) und Dibenzofurane (PXDF) aus Verbrennungsmotoren beim Betrieb mit handelsüblichen Betriebsstoffen." *UWSF-Z Umweltchem. Oekotox* 3:291–298.
- UNEP (United Nations Environment Programme). 2003. *Standardized Toolkit for Identification and Quantification of Dioxin and Furan Releases*. UNEP, Geneva.  
[www.pops.int/documents/guidance/Toolkit\\_2003.pdf](http://www.pops.int/documents/guidance/Toolkit_2003.pdf).
- Wevers M., De Fre R. and Rymen T. 1992. "Dioxins and Dibenzofurans in Tunnel Air." *Organohalogen Compd.* 9:321–324.



## **Раздел VI**

### **Указания и руководящие принципы по категориям источников:**

#### **Категории источников в Части III Приложения С**

##### **Категория источников выбросов (i): Уничтожение туш животных**

## Содержание

VI.I. Уничтожение туш животных.....	3
1. Описание процесса.....	3
2. Источники химических веществ, перечисленных в Приложении С Стокгольмской конвенции.....	4
2.1. Выбросы стойких органических загрязнителей при уничтожении туш животных.....	4
2.2. Общая информация по эмиссиям в результате уничтожения туш животных .	5
3. Рекомендуемые процессы .....	7
3.1. Обзор способов удаления .....	7
3.2. Наилучшие имеющиеся методы .....	7
3.3. Наилучшие виды природоохранной деятельности .....	9
4. Основные и дополнительные меры .....	10
4.1 Основные меры.....	10
4.2 Дополнительные меры.....	11
5. Сводный перечень мер.....	12
6. Достижимые эксплуатационные уровни выбросов .....	14
Ссылки на литературу.....	14

## Таблицы

Таблица 1. Вспышка ящура в Великобритании в 2001 г.: уничтожение туш животных	5
Таблица 2. Меры в отношении процессов, рекомендуемых для установок по сжиганию останков животных .....	12
Таблица 3. Перечень основных и дополнительных мер, рекомендуемых для уничтожения останков животных .....	12

## Рисунки

Рис. 1. Схема стандартного непрерывного процесса переработки туш животных как отходов.....**Error! Bookmark not defined.**

## VI.I. Уничтожение туш животных

### Резюме

Образование и выбросы ПХДД, ПХДФ, ПХБ и ГХБ установками по сжиганию туш животных объясняются присутствием этих хлорированных материалов, прекурсоров и хлора в тушах или изделиях из пластика, сжигаемых вместе с тушами, а также в побочных продуктах. Возможные меры по сокращению образования и выбросов стойких органических загрязнителей включают избегание совместного сжигания туш и иных отходов, требование поддержания температуры в печи в 850° С, время удержания газов горения 2 сек. и достаточный объем избыточного воздуха для сгорания. Крупные сооружения (> 50 кг/час) должны быть оснащены воздухоочистными установками для минимизации выбросов сернистого газа, хлористого водорода, угарного газа, летучих органических соединений, взвешенных частиц и стойких органических загрязнителей. По ПХДД/ПХДФ может быть достигнут эксплуатационный уровень < 0.1 нг ТЕQ/нм<sup>3</sup>.

Прочие методы утилизации, такие как захоронение, свалки или компостирование не считаются значимыми источниками эмиссий веществ, перечисленных в Приложении С, хотя необходимо учитывать факторы экологии, здравоохранения, неудобств для населения и защиты здоровья животных. Щелочной гидролиз или ферментативный гидролиз является методом уничтожения туш животных.

### 1. Описание процесса

Уничтожение туш животных обычно производится путем сжигания, переработки или сочетания этих методов.

Технологии сжигания включают пиролиз, газификацию или иные виды тепловой обработки, и могут включать сжигание целых туш или частей туш. Переработка включает целый ряд мероприятий по переработке туш для получения тех или иных материалов.

Современное законодательство в Европе (Директива ЕС 1774/2002/ЕС по продуктам переработки животных) ограничивает применение материалов переработки в пищевых продуктах и кормах для животных вследствие требований охраны здоровья человека и животных. За последние годы производство побочных животных продуктов повысилось, поскольку изменилось представление рынка о желательных мясных продуктах (т.е., часть туши животного, рассматриваемая как побочный продукт, пропорционально увеличивается).

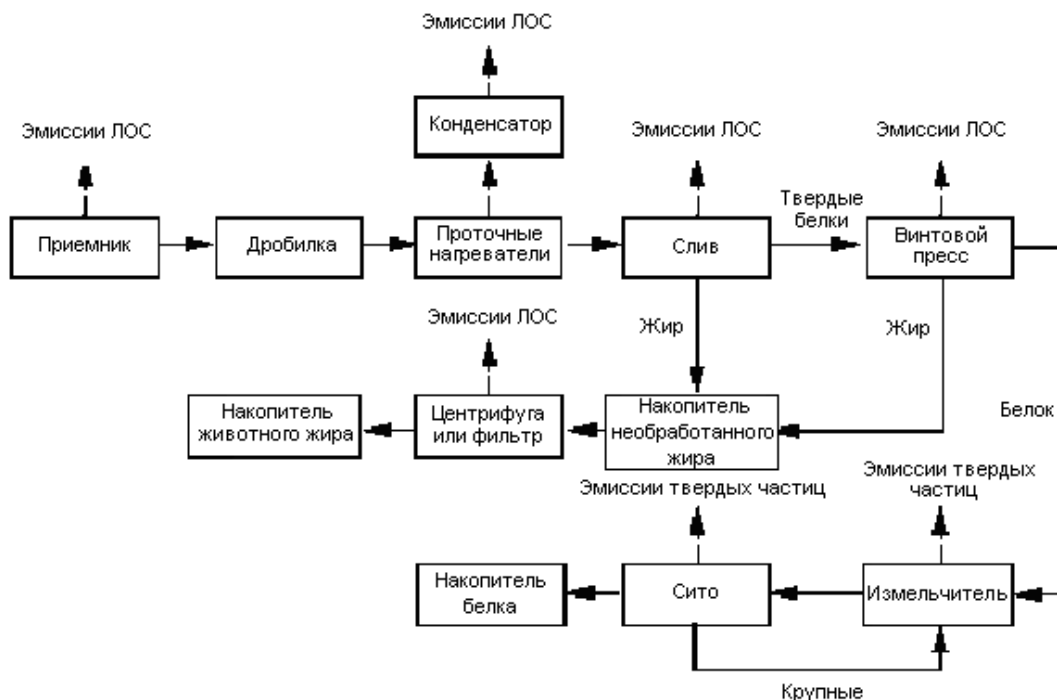
Процесс переработки включает обработку шкур, кожи, перьев, органов, костей, обрезков, жидкостей и жира. В общем, процесс переработки включает дробление и перемалывание отходов с последующей тепловой обработкой (Рисунок 1). Эти процессы включают: гидролиз при высоком давлении и высокой температуре; гидролиз высокого давления для получения биогаза; биодизельное производство и газификацию. Отделение вытопленного жира (сала) из твердого материала производится центрифугой или прессом. Твердая фракция обычно перемалывается в мясокостную муку.

Мясокостная мука традиционно использовалась в качестве пищевой добавки для животных, но такое применение теперь запрещено в Европейском Союзе (ЕС), и сейчас ее сжигают в мусоросжигателях или захороняют. Вариантом является использование мясокостной муки в качестве альтернативного горючего в цементных печах (см. раздел V.V настоящего руководства).

Жир используется в целом ряде отраслей промышленности (включая пищевую промышленность), особенно в oleохимической, в которой жир перерабатывается в ряд продуктов. В ЕС жир, полученный из старых животных и иного представляющего риск материала, перерабатывается

отдельно и не используется при производстве продуктов питания, а рассматривается как отходы. Однако он может использоваться в качестве топлива (в ЕС сжигание подпадает под специальное законодательство – Директиву по сжиганию отходов, EC Directive 2000/76/EC).

**Рис 1. Схема стандартного непрерывного процесса переработки туш животных как отходов**



Источник: EPA 1995.

Сжигание туш животных проводится в разных типах печей. Малые сжигатели могут иметь простую камеру сгорания без активного перемещения туши. Крупные сооружения могут оснащаться барабанной печью, способствующей перемещению и разламыванию материала. Аналогичное перемещение обеспечивает печь с подвижным подом. В общем, сжигание целой туши осуществить трудно. Сжигание в печах более контролируемо при более равномерной подаче материала с применением размягчения, перемалывания и других методов.

## 2. Источники химических веществ, перечисленных в Приложении С Стокгольмской конвенции

### 2.1. Выбросы стойких органических загрязнителей при уничтожении туш животных

Образование и выбросы полихлорированных дибензо-п-диоксинов (ПХДД), полихлорированных дибензофуранов (ПХДФ), полихлорированных бифенилов (ПХБ) и гексахлорбензола (ГХБ) установками по сжиганию туш животных объясняются присутствием этих материалов<sup>1</sup>, прекурсоров и хлора в тушах или изделиях из пластика, сжигаемых вместе с тушами. Однако, хотя проводились измерения эмиссий ПХДД и ПХДФ установками по сжиганию, данных по эмиссиям

<sup>1</sup> Стойкие органические загрязнители, осевшие на пастбищах и присутствующие в готовых кормах, поглощаются животными и могут накапливаться в их организме в течение жизни.

ПХБ и ГХБ очень мало. Соответственно, положение с уровнями эмиссий ПХБ и ГХБ от таких установок гораздо более неопределенное, чем по эмиссиям ПХДД/ПХДФ.

В целом, процессы переработки считаются маловероятным источником стойких органических загрязнителей. Однако, есть возможность их концентрации в отходах переработки и выброса в ходе последующих действий (например, сжигания).

## 2.2. Общая информация по эмиссиям в результате уничтожения туш животных

### 2.2.1. Кремация

Эмиссии в воздух содержат оксиды азота (NO<sub>x</sub>), угарный газ (CO), сернистый газ (SO<sub>2</sub>), взвешенные частицы, металлические соединения, органические соединения и ПХДД/ПХДФ.

Крупные сжигательные установки оснащаются сложным воздухоочистным оборудованием (например, тканевыми фильтрами, инъекцией извести или активированного угля). Малые установки функционируют как сжигатели отходов скотобоен и ветеринарных отходов, сжигатели на фермах для уничтожения павшего скота и крематории домашних животных. Очистное оборудование может варьировать от минимального (например, камера сгорания и труба) до достаточно сложных систем с вторичными камерами сгорания, дожигателями и фильтрацией.

Другие пути поступления контролируются на попадание остаточных количеств из пепла и воздушных выбросов преимущественно в почву. Значительное поступление в воду считается маловероятным.

### 2.2.2. Открытое сжигание

Неконтролируемое или открытое сжигание туш животных встречается достаточно часто. Однако сжигание более чем нескольких туш за один раз случается редко. Правительство Великобритании в 2001 г. прибегло к массовому сжиганию как одной из мер по борьбе с ящуром, однако оно вряд ли сочтет такие меры уместными в будущем (табл. 1).

**Таблица 1. Вспышка ящура в Великобритании в 2001 г.: уничтожение туш животных**

Метод уничтожения	Примерные данные
Сжигание (на ферме)	> 950 мест
Захоронение (на ферме)	900 мест
Массовые захоронения	61 000 т в 4-х местах
Организованные свалки	95 000 т в 29 местах
Переработка	131 000 т на 7 предприятиях

Источник: Anderson 2002.

Эмиссии в атмосферу ПХДД/ПХДФ от костров по сжиганию ящурных животных в 2001 г. оценивались примерно в 0.7 г в сравнении с общими эмиссиями по Великобритании в 314 г (вебсайт NAEI).

При оборудовании мест для сжигания позаботились о том, чтобы не использовались железнодорожные шпалы, пропитанные антисептиками для древесины, содержащими пентахлорфенол или линдан, что минимизировало выбросы ПХДД/ПХДФ. Сжигательные установки с воздушной завесой представляются собой промежуточную технологию между кострами и сжигательными установками, но в тенденции не будут являться постоянными мощностями. Более крупные установки – это в основном оборудованные колодцы с воздухонагнетателями, позволяющие приспособлениям для сжигания и подачи контролировать поток воздуха, проходящего продольно. Такие агрегаты обеспечивают лучшее сжигание по

сравнению с открытым сжиганием и применяются для маломасштабных операций по уничтожению больных животных. При открытом сжигании и сжигании в колодцах следует обратить внимание на попадание пепла в почву и потенциальные стоки в воду.

### 2.2.3 Выбросы в результате переработки

Процессы переработки включают обработку шкур, кожи, перьев, органов, костей, обрезков, жидкостей и жира. Переработка включает дробление и измельчение отходов с последующей тепловой обработкой. Отделение вытопленного жира (сала) из твердого материала производится центрифугой или прессом. Твердая фракция обычно перемалывается в мясокостную муку.

Обычно эмиссии, связанные с процессом переработки (например, от печей, образующих пар для тепловой обработки), не содержат стойких органических загрязнителей, но эмиссии некоторых видов переработки содержат запахи и летучие органические соединения.

При сжигании мясокостной муки могут образовываться стойкие органические загрязнители. В ЕС мясокостная мука теперь сжигается в специальных сжигателях или захоранивается.

### 2.2.4 Выбросы стойких органических загрязнителей в атмосферу

Общая информация по механизмам образования ПХДД/ПХДФ приводится в Разделе III.C(i).

Например, новые установки по сжиганию туш животных в Великобритании обычно должны соответствовать нормативу концентраций ПХДД/ПХДФ в эмиссиях менее 0.1 нг ТЕQ/м<sup>3</sup> при 11% кислорода, сухом газе, стандартных температуре и давлении (0° С, 101.3 кПа).<sup>1</sup> Для новых маломощных сжигателей (средняя производительность < 50 кг/час) не устанавливаются пределы эмиссий, но требуется утверждение эксплуатационного режима. Для утверждения режима законодательно требуется, чтобы производитель установки представил доказательства того, что температуры эксплуатации превышают 850° С при времени удержания газов в 2 секунды. Также отмечается, что этим требованиям будут отвечать конструкции, включающие вторую камеру сгорания с дожигателями.

Обзор по выбросам их существующих в Великобритании сжигательных установок небольшой мощности был подготовлен для Министерства окружающей среды, продовольствия и сельского хозяйства (DEFRA) перед введением новых правил; в нем указаны средние концентрации ПХДД/ПХДФ в интервале 0,05–0,40 нг I-ТЕQ/нм<sup>3</sup> (AEA Technology 2002). Мониторинг выбросов в атмосферу от двух имеющихся коммерческих установок для сжигания животных на фермах в Онтарио, Канада, показал интервал средних концентраций ПХДД/ПХДФ примерно между 0,0006 и 0,0044 нг I-ТЕQ/см<sup>3</sup> (Environment Canada 2004).

Следует отметить, что во многих странах запрещено использование маломощных сжигателей на фермах.

### 2.2.5 Выбросы в другие среды

Технологические, поверхностные и охлаждающие воды могут быть загрязнены тканевыми жидкостями, взвешенными частицами, жирами и маслами. Остовы, зола и другие остатки удаляются в землю. При должном захоронении таких отходов в могильники не ожидается серьезного риска для населения; основным источником воздействия на людей в данном случае считаются эмиссии в атмосферу.

---

<sup>1</sup> 1 нг (нанограмм) = 1 × 10<sup>-12</sup> килограмм (1 × 10<sup>-9</sup> грамм). Информацию по измерению токсичности см. в разделе I.C, параграф 3 настоящего руководства.

### **3. Рекомендуемые процессы**

#### **3.1. Обзор способов удаления**

В некоторых странах принята политика запрета на захоронение животных и побочных продуктов. В ряде стран для уничтожения туш животных внедрены высокопроизводительные централизованные установки; в ряде стран запрещено сжигание туш на фермах. В ряде стран предусмотрены как крупные, так и малые установки (например, сжигатели для ферм), а также свалки.

Щелочное разложение используется в нескольких странах, представляющий собой метод уничтожения туш, не связанный со сжиганием, как и метод уничтожения в известковых ямах. Анаэробное разложение – это еще один, не связанный со сжиганием, метод для уничтожения некоторых останков животных. Однако удаление останков потребует осторожного обращения в целях контроля за заболеваниями. Дополнительную информацию об анаэробном разложении можно найти в недавнем обзоре, подготовленном в Университете штата Канзас (Erickson et al 2004).

Захоронение на свалке не уничтожает стойкие органические загрязнители, которые могут присутствовать в останках, но удаляет их от места потенциального воздействия на людей.

Принимаемый в стране подход должен отражать специфику и условия производства продуктов питания, функционирования скотоубойных и перерабатывающих установок в стране (включая инфраструктуру, культурные ограничения и практику). Например, крупные централизованные установки для сжигания требуют сложной транспортной инфраструктуры для сведения к минимуму риска распространения инфекции от перевозимого потенциально зараженного материала, а также ценовой системы, способной оправдать работу такого сооружения.

При уничтожении туш животных главным источником выбросов химических веществ, перечисленных в приложении С, является сжигание туш животных и побочных продуктов (включая побочные продукты процесса переработки). Поэтому в конструкции установок для сжигания останков животных и остатков переработки должны учитываться требования рабочей температуры в печи в 850° С, 2-секундного времени удержания газов горения и достаточного избыточного воздуха для обеспечения сгорания. Не отвечающие этим требованиям конструкции не должны использоваться, за исключением случаев, когда подтверждена их способность функционировать без значительных выбросов стойких органических загрязнителей.

К крупным сооружениям, подпадающим под требования Директивы ЕС по комплексному предотвращению загрязнения и контролю либо аналогичного законодательства других стран, могут также предъявляться серьезные требования в отношении воздухоочистного оборудования для удовлетворения требованиям по прочим эмиссиям. Такие требования могут включать, например, селективное некаталитическое восстановление для контроля уровня NO<sub>x</sub>, инъекции извести для контроля кислых газов (SO<sub>2</sub> и HCl), угольные инъекции для контроля ртути и ПХДД/ПХДФ, а также тканевую фильтрацию для улавливания твердых частиц.

Малые установки для сжигания вряд ли оказывают значимое в национальном или локальном масштабе воздействие на качество воздуха. В таких случаях для контроля за эмиссиями стойких органических загрязнителей будет достаточно принятия требований по адекватной температуре печи и времени удержания газов.

#### **3.2. Наилучшие имеющиеся методы**

Наилучшие имеющиеся методы включают технологические, управленческие и эксплуатационные параметры, а контроль эмиссий стойких органических загрязнителей будет включать следующие меры:

- Соответствие печей для сжигания требованиям по минимальной температуре, времени удержания и подаче кислорода, а также подтверждение соответствия этим требованиям;
- Адекватное оборудование контроля загрязнения воздуха, включая регулирование температуры для контроля времени удержания в температурном окне повторного образования, угольные инъекции и тканевую или эквивалентную фильтрацию;
- Конструкция системы загрузки отходов, позволяющая свести до минимума эффект новых загрузок отходов (подаваемый материал должен размягчаться и подаваться в печь через герметизированную систему);
- Камеры сгорания и кожухи должны выполняться максимально герметично и работать при сниженном давлении для минимизации выбросов печных газов;
- Должен проводиться мониторинг температуры газов для поддержания системами управления минимальных температурных критериев (посредством использования дополнительных топливных горелок) и обеспечения внутренней блокировки загрузки при падении температуры ниже минимального уровня;
- Должен проводиться мониторинг уровней кислорода и угарного газа в отходящих газах, связанный с системой контроля для обеспечения адекватной воздухоподачи и решения каких-либо возникающих проблем горения;
- Для поддержания горения не должно использоваться топливо, получаемое из отходов, кроме случаев, когда подтверждено, что данное топливо испускает не больше стойких органических загрязнителей, чем газойль или другое чистое топливо;
- Специальные площадки на прочном основании и с адекватным дренажем для погрузки, разгрузки, мойки контейнеров с целью облегчения мытья и дезинфекции. Рассмотреть необходимость сжигания смывных остатков для уничтожения патогенных микроорганизмов;
- Механизированная погрузка и перемещение материалов отходов с целью минимизации риска воздействия на операторов;
- Малые установки для сжигания (где они разрешены) должны размещаться на бетонной плите и на расстоянии не менее 100 метров от любого колодца, источника или поверхностного водотока. Они также должны размещаться не ближе, чем за 6 метров от любого здания или потенциально воспламеняемого сооружения;
- Хранилища отходов должны быть оборудованы рефрижераторами, замками, защищены от грызунов и птиц и иметь средства контроля за запахами;
- Сведение к минимуму использования пластиковых мешков для отходов; рассмотреть возможность использования скипов, позволяющих избегать контакта с останками животных;
- Удаление золы в герметизированных транспортерах, закрытых скипах и запечатанных контейнерах во избежание случайных выбросов пыли (особенно остатков из воздухоочистного оборудования). Зола должна ликвидироваться на специальных свалках;
- Управление поступающими отходами и ведение отчетности;
- Эффективный операционный контроль, инспектирование и профилактическое обслуживание блоков, выход из строя которых может привести к воздействию на окружающую среду вследствие выброса стойких органических загрязнителей;



- Определение должностных обязанностей и компетентности операторов и соответствующая подготовка;
- Применение показателей предельных эмиссий и мониторинг эмиссий для подтверждения соответствия;
- Устранение золы и остатков путем захоронения на свалках.

Наилучшие имеющиеся методы по прочим загрязнителям в данном перечне не учитывались. Необходимо также признать возможное значение иных факторов при определении наилучших имеющихся методов в отношении того или иного сооружения (например, соображения водо- и энергопотребления).

### **3.3. Наилучшие виды природоохранной деятельности**

В отношении наилучших видов природоохранной деятельности страны должна прежде всего стремиться к разработке таких сооружений для сжигания туш животных и побочных продуктов, которые отвечают требованиям минимальной температуры в печи, времени удержания газов и содержанию кислорода. Следует отметить, что может потребоваться воздухоочистительное оборудование для выполнения местных требований и нормативов по эмиссиям и качеству воздуха в отношении иных загрязнителей, чем стойкие органические загрязнители.

Там, где установлено оборудование по рекуперации тепла и контролю загрязнения воздуха, конструкция такого оборудования должна учитывать риск образования ПХДД/ПХДФ *de novo* и в этих целях предусматривать минимальное время нахождения материала в температурном окне, способствующем повторному образованию. Данные замеров при введении в эксплуатацию такой установки должны подтверждать отсутствие в выбросах стойких органических загрязнителей.

Сооружения по совместному сжиганию материалов отходов (например, жира или мясокостной муки в цементных печах) должны подвергаться проверке для установления возможности соблюдения минимальных критериев по температуре печи, времени удержания и подачи кислорода, необходимо также осуществлять мониторинг эмиссий для установления соответствия предельно допустимым нормам эмиссий. Эмиссии от совместного сжигания отходов животного происхождения не должны содержать больше загрязнителей, чем эмиссии в результате основного процесса без сжигания отходов.

Эмиссии стойких органических загрязнителей малыми установками для сжигания (< 50 кг/час) можно контролировать через использование печей, в отношении которых подтверждена (например, методом утверждения технологического процесса) их способность к эксплуатации в соответствии с минимальными критериями температуры печи и времени удержания. Кроме того, они должны быть бездымными, а процедуры загрузки и сжигания должны иметь взаимоблокировку с тем, чтобы материал не поступал на сжигание, пока температура второй камеры не достигнет минимально необходимого уровня. В этих случаях расходы на проведение замеров эмиссий вряд ли будут обоснованными.

Использование кремационных костров не должно считаться НВПД. Если они все же используются, необходимо избегать такого топлива, как обработанное дерево, или топлива, содержащего материалы, могущие привести к образованию CO<sub>2</sub>. Ограниченные данные замеров (Sinclair Knight Merz 2005) говорят о том, что сжигатели с воздушной завесой по показателю выбросов на сжигаемую тушу могут приравняться к малым сжигателям, однако общие объемы топлива и туш (и, следовательно, потенциальных выбросов) значительно выше, чем у малых сжигателей. Их применение не должно относиться к наилучшей практике, за исключением целевого использования для предотвращения эпидемии.

Альтернативой сжиганию служит использование должным образом сконструированных и управляемых могильников.

## **4. Основные и дополнительные меры**

### **4.1 Основные меры**

Основные меры – это меры по предотвращению загрязнений, позволяющие сократить или устранить образование и выбросы стойких органических загрязнителей. Такие меры включают:

#### **4.1.1 Конструкция печей**

Конструкция печи должна обеспечивать поддержание минимальной температуры в 850° С в процессе загрузки, сжигания и извлечения останков, при времени удержания газа в 2 секунды и достаточном количестве кислорода для обеспечения деструкции остаточных стойких органических загрязнителей.

Возможно, что для выполнения этих критериев потребуется вторая камера сгорания с дожигателями и/или воздушной инжекцией. Особое внимание должно уделяться обеспечению достаточного размера второй камеры и обеспечению необходимого объема (объем потока после последней инжекции горючего или воздуха при минимальной температуре газа в 850° С по всему объему).

В идеале печь должна быть рассчитана на непрерывную эксплуатацию (с автоматической непрерывной загрузкой и автоматическим золоудалением), поскольку это сведет к минимуму сбои процесса, в ходе которых могут образовываться выбросы стойких органических загрязнителей. Непрерывный процесс требует размягчения твердых материалов для обеспечения равномерной подачи. Отмечается, что непрерывный процесс может быть не пригоден для малых установок и установок по сжиганию целых туш. Конструкция печи в таком случае должна способствовать полному сгоранию материала (низкое содержание углерода в золе).

В случае установок по совместному сжиганию должны применяться те же критерии в отношении температуры печи и времени удержания.

#### **4.1.2 Загружаемый материал**

Необходимо избегать присутствия пластмасс и других загрязнителей (особенно соединений хлора) в загружаемом материале в целях снижения образования стойких органических загрязнителей в ходе неполного сгорания или синтеза de novo. Признается, что использование пластиковых пакетов или подобного материала необходимо в целях гигиены оператора и животных. Однако, использование такого материала должно быть сведено к минимуму посредством использования механизированных и автоматизированных средств загрузки.

Необходимо отметить, что туши и побочные продукты возможно придется категоризировать по источнику (например, материал, представляющий конкретную категорию риска).

Возможные методы включают:

- Использование механизированных загрузчиков для избежания контакта с тушами;
- Использование методов размягчения и измельчения для обеспечения автоматизированной непрерывной загрузки и эксплуатации;
- Сведение к минимуму загрязнений от упаковки, включая применение негалогенированного пластика.

#### **4.1.3 Топливо**

Рекомендуется использовать чистое топливо для запуска, вспомогательных горелок и дожигателей. Крупные сооружения должны быть рассчитаны на самоподдерживающееся горение в печи для снижения потребления топлива. Необходимо свести к минимуму использование топлива,

полученного из отходов или потенциально загрязненного стойкими органическими загрязнителями; такое топливо не должно использоваться при запуске или после сбоя процесса, когда температура ниже 850° С и могут присутствовать нестабильные условия.

#### **4.1.4 Эффективное управление процессом**

Необходимо использовать системы управления процессом для поддержания стабильности процесса и работы печи при таких параметрах, которые обеспечат минимизацию образования стойких органических загрязнителей, например, поддержание температуры печи выше 850° С для деструкции таких загрязнителей. В идеале, необходимо осуществлять постоянный мониторинг эмиссий стойких органических загрязнителей для обеспечения сокращения выбросов. Необходимо осуществлять постоянный контроль таких параметров, как температура, время удержания, уровни СО, содержание летучих органических соединений и других газообразных веществ, и поддерживать эти параметры на уровне, обеспечивающем оптимальные операционные условия.

#### **4.1.5 Компетентность оператора**

Управление оборудованием является ключевым фактором обеспечения безопасной и экологически дружелюбной эксплуатации. Весь персонал по управлению установкой должен быть компетентным в своих профессиональных обязанностях, в частности, в отношении эксплуатационного управления, технического обслуживания, контроля заболеваний, условий запуска процесса и местных законодательных норм в области экологии. Компетентность операторов должна обеспечиваться адекватной подготовкой на уровне, необходимом для операций данного сооружения.

### **4.2 Дополнительные меры**

Дополнительные меры связаны с методами контроля загрязнения окружающей среды. Эти методы не устраняют образования загрязнителей, но способствуют ограничению и предотвращению эмиссий.

#### **4.2.1 Сбор дыма и газов**

Эмиссии в атмосферу должны регулироваться на всех стадиях процесса, включая стадии погрузочно-разгрузочных операций, сжигания и перемещения материалов, с целью снижения выбросов стойких органических загрязнителей. Важно обеспечить герметизацию печей для предотвращения утечки газов, обеспечения рекуперации теплоты и сбора отходящих газов для обработки или удаления. Для минимизации утечки газов из системы необходимо использовать соответствующие конструкции вытяжных систем и трубопроводов. Могут использоваться герметичные скипы либо закрытые загрузочные системы, что может значительно сократить утечку газов посредством их удержания в процессе загрузки.

#### **4.2.2 Оборудование для очистки воздуха**

На крупных сооружениях должно устанавливаться воздухоочистное оборудование для обеспечения очистки всех значимых выбросов в атмосферу. Тщательный выбор типа, конструкции и применения воздухоочистного оборудования для улавливания прочих загрязнителей будет также способствовать сокращению эмиссий стойких органических загрязнителей. В конструкции должна учитываться потенциальная возможность образования *de novo* определенных стойких органических загрязнителей, с тем, чтобы свести ее к минимуму. Для снижения выбросов ПХДД/ПХДФ в атмосферу должны удаляться взвешенные частицы (хотя они позднее будут захоронены на свалке). Тканевые фильтры являются эффективным методом, но в основном это низкотемпературные устройства (до 200° С).

Для малых установок использование дожигателей может быть достаточным для снижения выбросов стойких органических загрязнителей, и средства улавливания твердых частиц не считаются необходимыми.

Работа воздухоочистного оборудования должна постоянно контролироваться при помощи специальных устройств для обнаружения сбоев. Среди новых разработок есть также методы очистки в оперативном режиме и использования каталитических покрытий для уничтожения ПХДД/ПХДФ.

Необходимо также рассмотреть уместность обработки активированным углем для удаления стойких органических загрязнителей из отходящих газов. Активированный уголь обладает большой площадью поверхности, на которой может адсорбироваться ПХДД/ПХДФ. Обработка отходящих газов активированным углем может производиться при помощи реакторов со стационарным или подвижным слоем, либо путем инъекции в поток газа порошкового активированного угля, который далее подлежит удалению как фильтруемая пыль при помощи высокоэффективных систем пылеудаления, таких, например, как тканевые фильтры.

## 5. Сводный перечень мер

**Таблица 2. Меры в отношении процессов, рекомендуемых для установок по сжиганию останков животных**

Меры	Описание	Учитываемые факторы	Примечания
Рекомендуемые процессы	Крупные (> 50 кг/час) установки для сжигания и совместного сжигания	Минимум 850° С, 2-х секундное время удержания в необходимом объеме при достаточной подаче воздуха для обеспечения деструкции стойких органических загрязнителей. Оснащается воздухоочистным оборудованием для минимизации выбросов SO <sub>2</sub> , HCl, CO, летучих органических соединений, взвешенных частиц и стойких органических загрязнителей.	Считаются наилучшими имеющимися методами. Также необходимо иметь системы управления, возможности подтверждения соответствия данного сооружения стандартам по предельно допустимым выбросам, и систему постоянного мониторинга для обеспечения такого соответствия
	Малые (< 50 кг/час) сжигатели	Минимум 850° С, 2-х секундное время удержания в необходимом объеме при достаточной подаче воздуха для обеспечения деструкции стойких органических загрязнителей.	Для малых сооружений эти условия должны быть минимально достаточными для решения вопросов удаления стойких органических загрязнителей. Они могут приниматься на основе типового механизма утверждения и инспекций управления сооружением (вместо проведения дорогостоящих анализов на содержание эмиссий)

**Таблица 3. Перечень основных и дополнительных мер, рекомендуемых для уничтожения останков животных**

Меры	Описание	Учитываемые факторы	Примечания
<b>Основные меры</b>			
Конструкция			Оптимальное место для

Меры	Описание	Учитываемые факторы	Примечания
печи			максимальной деструкции стойких органических загрязнителей и сведения к минимуму их образования
Контроль загружаемого материала	Присутствие материалов из пластика и хлорных соединений в загружаемом материале должно быть снижено до приемлемого гигиенического уровня в целях сокращения образования стойких органических загрязнителей в результате неполного сгорания или синтеза de novo	Устранение пластмасс, максимальное использование механизированной загрузки	Достаточно низкотехнологично
Топливо	Использование чистых видов топлива для поддержания горения		
Эффективное управление процессом	Должны использоваться системы управления процессом для поддержания стабильности процесса и соблюдения технологических параметров, способствующих минимизации выбросов стойких органических загрязнителей	Эмиссии ПХДД/ПХДФ могут быть сведены к минимуму путем контроля прочих переменных, таких как температура, время удержания, газообразные компоненты	Базовым параметром управления является использование адекватных температур. Мониторинг содержания кислорода, CO и летучих органических соединений является более сложным, но однозначным. Однако, главным является наличие системы управления, способной в реальном времени реагировать на показатели подачи воздуха в камеру сгорания, данные дожигателей и прочие контрольные параметры

<i>Дополнительные меры</i>			
Сбор дыма и газа	Эффективная локализация печных газов при всех условиях процесса сжигания для избежания их утечки в атмосферу	Рекомендуемые процессы включают герметизацию печей для избежания утечки газов и обеспечения рекуперации теплоты и сбора отходящих газов	

<p>Воздухоочистное оборудование</p>	<p>Обработка взвешенных частиц будет способствовать сокращению потенциальных выбросов стойких органических загрязнителей. Рекомендуется обработка активированным углем, поскольку этот материал обладает большой площадью поверхности, на которую может адсорбироваться ПХДД/ПХДФ из отходящих газов</p>	<p>Тканевая фильтрация является наиболее эффективным методом улавливания взвешенных частиц, сочетающимся с применением сухих / полусухих сорбентов для удаления кислого газа и металлов. Однако при этом потребуются снижение температуры. Инжекция в газовый поток порошкового активированного угля с последующим его удалением пылеуловителем</p>	<p>Использование воздухоочистного оборудования порождает дополнительные отходы и требует расходных материалов. Возможно, потребуются снижение температуры отходящих газов (во избежание необходимости использовать менее тривиальные фильтрующие материалы), соответственно необходимо свести к минимуму время пребывания в температурном окне повторного образования. Следует стремиться избегать образования стойких органических загрязнителей в печи. Однако данный подход предоставляет возможность резервной поддержки в случае сбоя процесса и считается наилучшим имеющимся методом в Европе для процессов сжигания. Большинство воздухоочистительного оборудования, его запчасти и эксплуатация дорогостоящи.</p>
-------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

## 6. Достижимые эксплуатационные уровни выбросов

Эксплуатационные уровни ПХДД/ПХДФ в выбросах в атмосферу, связанные с наилучшими имеющимися методами, равны  $< 0.1 \text{ нг I-TEQ/нм}^3$  при концентрации кислорода 11 %, сухом газе, и при стандартных температуре и давлении ( $0^\circ \text{C}$  101.3 кПа). Дополнительную информацию см. в European Commission 2003.

### Ссылки на литературу

- AEA Technology. 2002. *Atmospheric Emissions from Small Carcass Incinerators*. Report for the Department for Environment, Food and Rural Affairs, United Kingdom.
- Anderson I. 2002. *Foot and Mouth Disease 2001: Lessons to be Learnt Inquiry Report*. Stationery Office, London.
- Environment Canada. 2004. *Characterization of emissions from an animal crematorium Burn easy Model 37-1 and EcoWaste CleanAire*. ERMD 2003-04 Unpublished reports. March 2004
- EPA (United States Environmental Protection Agency). 1995. *Meat Rendering Plants*. Emission Factor Documentation for Background Report AP-42, Section 9.5.3. EPA, Office of Air Quality Planning and Standards, Emission Factor and Inventory Group, Washington, D.C.

Erickson L. Fayet E. Kakumau B. Davis (2004) Carcass Disposal: A Comprehensive Review, National Agricultural Biosecurity Centre, Kansas State University, Chapter Seven - Anaerobic digestion.

European Commission. 2003. *Reference Document on Best Available Techniques in the Slaughterhouses and Animal By-products Industries*. BAT Reference Document (BREF). European IPPC Bureau, Seville, Spain. Eippcb.jrc.es.

NAEI (National Atmospheric Emissions Inventory). *Emission Factors Database*. DEFRA (Department for Environment, Food and Rural Affairs). [www.naei.org.uk/emissions/index.php](http://www.naei.org.uk/emissions/index.php).

Sinclair Knight Merz. 2005. *Air Curtain Incinerator Trial Report*. Report for New Zealand Ministry of Agriculture and Forestry.

## **Раздел VI**

**Указания и руководящие принципы по категориям источников:**

**Категории источников в Части III Приложения С**

**Категория источников (j)**

**Крашение и отделка в текстильной и кожевенной промышленности**



## Содержание

VI.J. Крашение и отделка в текстильной и кожевенной промышленности .....	3
1. Текстильная промышленность .....	3
1.1. Вводная часть .....	3
1.2. Описание процесса .....	4
1.3. Источники химических веществ, перечисленных в Приложении С Стокгольмской конвенции .....	4
2. Отделка кожи .....	6
2.1. Введение .....	6
2.2. Описание процесса .....	6
2.3. Источники химических веществ, перечисленных в Приложении С .....	6
Стокгольмской конвенции .....	6
3. Концентрации ПХДД/ПХДФ в химикатах, используемых в производственных цепочках текстильной и кожевенной промышленности .....	7
4. Наилучшие имеющиеся методы и наилучшие виды природоохранной деятельности .....	7
5. Альтернативы .....	8
6. Мониторинг .....	8
Ссылки на литературу .....	9

## Таблицы

Таблица 1. Концентрации ПХДД/ПХДФ в биоцидах и пигментах/красителях .....	7
---------------------------------------------------------------------------	---

## VI.J. Крашение и отделка в текстильной и кожевенной промышленности

### Резюме

Загрязнение ПХДД/ПХДФ было обнаружено как в продуктах текстильной, так и кожевенной промышленности. Такое присутствие ПХДД/ПХДФ в текстильном и кожевенном производстве объясняется: использованием хлорированных химикатов, особенно пентахлорфенола и хлорнитрофена, для защиты сырья (например, хлопка, шерсти и других волокон, кожи); а также использованием диоксин-загрязненных красителей (например, диоксазинов и фталоцианинов). В малых объемах ПХДД/ПХДФ может формироваться на этапах отделки и при сжигании отстоев, образуемых в технологическом процессе.

Существуют альтернативы вышеперечисленным красителям, поэтому применять их не следует.

Возможные альтернативы пентахлорфенолу и хлорнитрофену включают: 2-(тиоцианметилтио)бензотиазол (ТЦМТБ), *o*-фенилфенол (оФФ), 4-хлор-3-метилфенол (ХМФ) и 2-*n*-октил-4-изотиазолин-3-один (ОИТ).

Что касается наилучших имеющихся методов, наиболее эффективной основной мерой по предотвращению загрязнения текстильных и кожаных изделий ПХДД/ПХДФ будет отказ от использования диоксин-загрязненных биоцидов и красителей в производственной цепочке.

Также, в случае использования каких-либо из вышеперечисленных химикатов, предпочтение должно отдаваться партиям с низкой концентрацией (например, химикатам, подвергнутым дистилляции или очищенным иным образом). Насколько это возможно, для предотвращения образования ПХДД/ПХДФ следует избегать сжигания текстиля, обивочного материала, кожаных изделий и ковров.

Для того, чтобы предотвратить или свести к минимуму образование и выбросы ПХДД/ПХДФ при сжигании отстоев при водообработке и флотации, должны применяться наилучшие имеющиеся методы, описанные в разделе VI.D настоящего руководства (энергетические и промышленные котлы). Однако следует изучить другие экологически обоснованные приемы.

## 1. Текстильная промышленность

### 1.1. Вводная часть

Текстильная промышленность характеризуется одной из наиболее сложных производственных цепей. Это фрагментированный и неоднородный сектор с преобладанием малых и средних предприятий; например, в 2000 г. в Европейском Союзе действовало 114000 компаний с общей численностью работников в 2,2 миллиона (European Commission 2003b). Спрос в основном определяется тремя направлениями конечных продуктов: одежда, предметы обстановки помещений и промышленное использование.

Текстильная и швейная производственные цепочки состоят из большого количества звеньев, охватывающих весь производственный цикл от производства сырья (искусственные волокна) до полуфабрикатов (пряжа, тканые и нетканые материалы, включая процессы отделки) и до

конечных или потребительских продуктов (ковры, текстильные изделия для дома, одежда и промышленные ткани).

## 1.2. Описание процесса

Текстильные и трикотажные ткани не могут превращаться в конечные продукты пока не пройдут несколько стадий интенсивной мокрой обработки (также называемых отделкой), таких как подготовка ткани, крашение, нанесение рисунка и отделка. Натуральные волокна обычно требуют большего числа этапов обработки, чем искусственные волокна. Производятся относительно большие объемы сточных вод, содержащих широкий спектр загрязнителей, и такие воды должны очищаться до отведения. Используется большое количество энергии для нагревания и охлаждения химических ванн и сушки тканей и пряжи.

Подготовка ткани требует расшлихтовки, очистки и отбелики, а также опаливания и мерсеризации. Операции крашения используются на разных стадиях производства для цветности и сложности рисунка, что повышает стоимость продукции. Краски, используемые в текстильной промышленности, по большей части синтетические. Отделка включает химическую и механическую обработку (ЕРА 1997).

С точки зрения экологии, основную озабоченность в отношении текстильной промышленности вызывает большой объем сточных вод и высокое содержание в них химических веществ. Другими важными факторами являются энергопотребление, воздушные выбросы, твердые отходы и запахи.

Хотя в производственной цепи присутствует много этапов и возникают основания для экологической озабоченности, образование полихлорированных дибензо-п-диоксинов (ПХДД) и полихлорированных дибензофуранов (ПХДФ) не может ассоциироваться с тем или иным этапом производства.

Напротив, следует уделить больше внимания тому факту, что ПХДД/ПХДФ попадают в процесс текстильного производства через применение пестицидов и загрязненных ПХДД/ПХДФ красителей, и это загрязнение ПХДД/ПХДФ переносится далее через разные этапы производственной цепи. В зависимости от этапа процесса, применяемых растворителей и физических условий, ПХДД/ПХДФ либо остается в текстильном изделии либо сбрасывается со сточными водами.

## 1.3. Источники химических веществ, перечисленных в Приложении С Стокгольмской конвенции

В технологической цепи текстильного производства процессы отделки обычно не являются источниками образования ПХДД/ПХДФ (Horstmann et al. 1993). Источниками обнаруженных ПХДД/ПХДФ скорее всего являются содержащие ПХДД/ПХДФ краски и пигменты, а также использование в некоторых странах загрязненных ПХДД/ПХДФ фунгицидов для обработки неотделанного сырья, например хлопка.

Новообразование ПХДД/ПХДФ может иметь место в текстильной производственной цепи там, где производится обработка сточных вод, удаление и сжигание отстоя. Применяемые для этого установки обычно вполне современные.

Таким образом, меры в отношении наилучших имеющихся методов и наилучших видов природоохранной деятельности должны принимать во внимание:

- Загрязнение ПХДД/ПХДФ вследствие применения диоксин-загрязненных химикатов в технологической цепи текстильного производства;
- Новообразование ПХДД/ПХДФ в термических операциях удаления отходов производства.

### 1.3.1. Загрязнение ПХДД/ПХДФ через диоксин-загрязненные химикаты

Химические препараты с установленным содержанием ПХДД/ПХДФ используются в двух нижеуказанных целях и включают перечисленные ниже химикаты (European Commission 2003b):

- Дефолианты или фунгициды: пентахлорфенол и 2,4,6-трихлорфенил-4'-нитрофенил эфир<sup>1</sup> (хлорнитрофен);
- Красители: диоксазин на основе хлоранила и красители на основе фталоцианина.

Результаты анализов текстильных изделий различного происхождения и волокон четко указывают на то, что пентахлорфенол применялся и, возможно, все еще применяется в качестве биоцида для обработки сырья, особенно хлопка. Структура ПХДД/ПХДФ четко указывает на то, что пентахлорфенол являлся основным источником ПХДД/ПХДФ в проанализированных текстильных изделиях.

Хотя нет опубликованных данных о применении хлорнитрофена в текстильной промышленности, такое использование нельзя исключать, поскольку этот препарат заменил пентахлорфенол во многих областях (Masunaga, Takasuga and Nakanishi 2001; UNEP 2003).

### 1.3.2. Образование ПХДД/ПХДФ в термических операциях удаления сточных вод

В процессе текстильного производства есть несколько этапов, включающих образование осадков сточных вод, которые далее сжигаются: например, сточных вод от испарений при очистке шерсти, сточных вод, содержащих набивные красители или латекс, применяемые при отделке ковров. Как и в любом процессе сжигания, в данном процессе могут образовываться ПХДД/ПХДФ, поскольку в таком отстое содержится достаточно много хлора, а также органически связанного хлора из эктопаразитицидов, таких как  $\gamma$ -гексахлорциклогексан ( $\gamma$ -ГЦГ, линдан), дильдрин или ДДТ, которыми обрабатывалось сырье, особенно шерсть (European Commission 2003b; UNEP 2003).

Что касается вероятности использования линдана, дильдрина и ДДТ, все основные страны-производители текстильного сырья запретили использование хлорорганических пестицидов для обработки овец, однако имеются данные, что шерсть, произведенная в некоторых странах бывшего Советского Союза и Южной Америки, содержит линдан в обнаруживаемых концентрациях (European Commission 2003b).

И, наконец, в текстильной промышленности используются полибромированные огнезащитные средства, такие как полибромированные дифенил-эфиры и хлорированные парафины ( $C_{10-13}$  хлорпарафины). Все галогенированные огнезащитные препараты при сжигании вовлекаются в процесс образования ПХДД/ПХДФ (European Commission 2003b).

Если этап грязеудаления и жирудаления объединяется с испарением сточных вод и сжиганием осадка при полной рециркуляции воды и энергии, достигаются дополнительные экологические преимущества по водосбережению и снижению объема удаляемых твердых отходов. Температура сжигательной установки должна быть около 1,200 °C для обеспечения деструкции ПХДД/ПХДФ. Летучая зола подлежит удалению мешочным фильтром. В газообразных эмиссиях такой интегрированной установки по грязеудалению и жирудалению было обнаружено 0.02 нг TEQ/нм<sup>3</sup> (European Commission 2003 b, p. 278).<sup>2</sup> Однако данная технология является сложной и требующей значительных капиталовложений и эксплуатационных затрат.

---

<sup>1</sup> Не указан в European Commission 2003 b.

<sup>2</sup> 1 нг (нанограмм) =  $1 \times 10^{-12}$  килограмм ( $1 \times 10^{-9}$  грамм); Нм<sup>3</sup> = нормальный кубический метр, объем сухого газа, измеренный при 0 °C и 101,3 кПа. Информацию об измерении токсичности см. раздел I.C, параграф 3 настоящего руководства.

Сжигательная установка может также присутствовать при обезвоживании флотационного осадка и его термической регенерации в ротационной печи. Дымовые газы сжигаются в дожигателе (около 850° С) и выпускаются в атмосферу при температуре 120° С. В отходящих газах регенерационной установки очистного сооружения были обнаружены концентрации ПХДД/ПХДФ в 0,004 нг I-TEQ/нм<sup>3</sup> (при 11% O<sub>2</sub>) (European Commission 2003 b, p. 415–417).

Наилучшие имеющиеся методы в отношении осадков обработки сточных вод после промывки шерсти включают:

- Использование осадка в производстве кирпича (в смеси с глиной) или ином процессе повторного использования;
- Сжигание осадка с рекуперацией тепла, при условии принятия мер для контроля или предотвращения эмиссий ПХДД/ПХДФ, формируемых за счет органически связанного хлора из пестицидов, потенциально содержащихся в осадке.

Более подробная информация содержится в руководстве по наилучшим имеющимся методам и наилучшим видам природоохранной деятельности в отношении промышленных котлов-утилизаторов (раздел VI.D настоящего руководства).

## **2. Отделка кожи**

### **2.1. Введение**

Дубильное производство, особенно отделка кожи, заключается в выделке необработанных шкур или кож животных в кожу, которая может использоваться при производстве широкого ассортимента изделий. Весь процесс включает последовательность сложных химических реакций и механической обработки. Основной стадией является дубление, придающее коже прочность и основные свойства. Дубильни (сыромятни) очень часто являются малыми предприятиями (European Commission 2003a), включая ремесленное производство в развивающихся странах.

### **2.2 Описание процесса**

Дубильное производство является потенциально интенсивным источником загрязнений вследствие объема сточных вод и использования таких химикатов, как биоциды, поверхностно-активные вещества и органические растворители.

Производственный процесс кожевенного завода может быть разделен на четыре этапа:

- Хранение шкур и кож и сортировка;
- Операции дубления;
- Пост-дубильные операции;
- Операции отделки.

### **2.3 Источники химических веществ, перечисленных в Приложении С Стокгольмской конвенции**

До сих пор нет сведений о загрязнении ПХДД/ПХДФ на территории или вокруг территории кожевенных заводов. Однако есть сообщения о загрязненности коммерческих кожаных изделий, и на основе структуры ПХДД/ПХДФ можно предположить, что те же процессы, что и в текстильной промышленности, в основном определяют присутствие ПХДД/ПХДФ в кожаных изделиях и эмиссиях (UNEP 2003).

Основным источником загрязнения, по-видимому, является пентахлорфенол. Это предположение подтверждается тем, что после запрещения этого препарата в Германии в 1989 году<sup>3</sup> концентрации ПХДД/ПХДФ в кожаных изделиях снизились (European Commission 1996).

### 3. Концентрации ПХДД/ПХДФ в химикатах, используемых в производственных цепочках текстильной и кожевенной промышленности

В таблице 1 приводятся концентрации ПХДД/ПХДФ по результатам исследований биоцидов и химических веществ, используемых при производстве красителей. Следует отметить, что некоторая информация устарела и уже более не применима к современной ситуации. Однако, такая информация интересна с точки зрения исторической оценки, а также потому, что в некоторых уголках земли все еще могут применяться какие-либо ранее произведенные партии таких химикатов, либо могут все еще продаваться потребительские товары, обработанные этими химикатами.

Таблица 1. Концентрации ПХДД/ПХДФ в биоцидах и пигментах/красителях

Химическое вещество	Страна или вид применения	Концентрация (нг I-TEQ/кг)	Примечание
<i>Биоциды</i>			
ПХФ (PCP)	Китай, Европа, США	800,000–4,445,000	Различные производственные процессы
ПХФ-Na (PCP-Na)	Китай, Европа, США	500–3,374,000	Различные производственные процессы
ХНФ (CNP)	Япония	400/300,000	Старые/новые технологии
<i>Пигменты/сырьевой материал/красители</i>			
Хлоранил	Сырьевой материал для производства диоксазиновых красителей	100–3,065,000	Различные производственные процессы
Карбазол фиолетовый	Красящий пигмент	211,000	
Синий 106	Диоксазиновый краситель	19,502–56,428	

### 4. Наилучшие имеющиеся методы и наилучшие виды природоохранной деятельности

Хорошая практика управления включает обучение и подготовку персонала, техническое обслуживание оборудования (и ведение документации), хранение, перевалку, дозирование и распределение химикатов, а также хорошее знание сырья и конечной продукции.

Знание особенностей сырья текстильной промышленности важно для регулирования переноса загрязнителей. Волокна шерсти-сырца могут быть загрязнены пестицидами, иногда

<sup>3</sup> Установлена максимальная концентрация в 5 мг пентахлорфенола на кг конечного продукта.

хлорорганическими пестицидами, включая пентахлорфенол и хлорнитрофен. Тщательная промывка и обезжиривание шерсти, например, пентахлорэтиленом, эффективно удалит весь жир и пестициды, которые обычно находятся в растворимой фазе.

В отношении ремесленного производства ответственные учреждения должны пропагандировать улучшение основных условий ведения дела и профбезопасность. Следует создать информационные программы и программы по просвещению.

Основными источниками загрязнения ПХДД/ПХДФ текстильных и кожевенных изделий являются химические вещества, применяемые в соответствующих производственных или отделочных цепочках, например, фунгициды и красители, загрязненные ПХДД/ПХДФ.

Наиболее эффективной основной мерой по предотвращению загрязнения текстильных и кожевенных изделий ПХДД/ПХДФ будет неприменение этих химических веществ в производственных цепочках. В случае использования каких-либо из вышеперечисленных химикатов, предпочтение должно отдаваться партиям с низкой концентрацией (например, дистиллированные или иным образом очищенные химикаты).

Для того, чтобы предотвратить или свести к минимуму образование и выбросы ПХДД/ПХДФ при сжигании отходов при водообработке и флотации, должны применяться наилучшие имеющиеся методы. Однако следует изучить и другие экологически обоснованные приемы.

## 5. Альтернативы

Поскольку присутствие ПХДД/ПХДФ в текстильной и кожевенной промышленности в основном связано с использованием диоксин-загрязненных химических веществ, таких как пентахлорфенол и некоторые красители, альтернативой будет замена этих химических веществ веществами, не содержащими диоксинов. Например, в Германии после вывода из употребления пентахлорфенола в качестве консерванта применялись следующие химические вещества:

- 2-(тиоцианметилтио)бензотиазол (TCMTB; CAS Registry No. 21564-17-0);
- *o*-фенилфенол (*o*PP; CAS Registry No. 90-43-7);
- 4-хлор-3-метилфенол (CMK; CAS Registry No. 59-50-7);
- 2-*n*-октил-4-изотиазолин-3-один (2-*n*-octyl-4-isothiazolin-3-one) (OIT; CAS Registry No. 26530-26-1).

Вышеупомянутые химические вещества оцениваются как менее опасные для окружающей среды, чем пентахлорфенол, но по заключенным в них свойствам они вовсе не безопасны. Следует поискать более безопасные химические вещества.

Насколько это возможно, для предотвращения образования ПХДД/ПХДФ следует избегать сжигания текстиля, обивочного материала, кожаных изделий и ковров.

## 6. Мониторинг

Нет простых индикаторов, позволяющих определить загрязненные диоксинами волокна, шерсть или ткани. Многими анализами установлено отсутствие корреляции между концентрациями пентахлорфенола и ПХДД/ПХДФ в текстильных изделиях, хотя паттерны диоксинов позволяют предположить, что источником должен являться пентахлорфенол. Это объяснимо тем, что пентахлорфенол водорастворим и удаляется в процессе отделки и конечной промывки, а ПХДД/ПХДФ абсорбируются на волокнах и остаются в ткани. В отношении кожаных изделий в большинстве случаев наблюдалась качественная корреляция между пентахлорфенолом и ПХДД/ПХДФ.

Должен быть создан/укреплен национальный потенциал для мониторинга возможных источников ПХДД/ПХДФ в текстильной и кожевенной промышленности, включая поставки по импорту. Необходимо иметь больше рекомендаций по мониторингу пентахлорфенола в сточных водах.

### Ссылки на литературу

EPA (United States Environmental Protection Agency). 1997. *Textile Industry*. Sector Notebook Project EPN3 10-R-97-009. EPA, Office of Compliance Sector Notebook Project, Washington, D.C.

European Commission. 1996. "Commission Decision of 26 February 1996 Concerning the Prohibition of Pentachlorophenol (PCP)." *Official Journal* No. L 068, 19/03/1996 P. 0032-0040. 96/211/EC: Notified by Denmark.

European Commission. 2003a. *Reference Document on Best Available Techniques for the Tanning of Hides and Skins*. BAT Reference Document (BREF). European IPPC Bureau, Seville, Spain. [eippcb.jrc.es](http://eippcb.jrc.es).

European Commission. 2003b. *Reference Document on Best Available Techniques for the Textiles Industry*. BAT Reference Document (BREF). European IPPC Bureau, Seville, Spain. [eippcb.jrc.es](http://eippcb.jrc.es).

Horstmann M., McLachlan M.S., Reissinger M. and Morgenroth M. 1993. "An Investigation of PCDD/F Formation during Textile Production and Finishing." *Organohalogen Compd.* 11:417–420.

Masunaga S., Takasuga T. and Nakanishi J. 2001. "Dioxin and Dioxin-Like PCB Impurities in Some Japanese Agrochemical Formulations." *Chemosphere* 44:873–885.

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).



## **Раздел VI**

**Указания и руководящие принципы по категориям источников:**

**Категории источников в Части III Приложения С**

**Категория источников (к):  
Установки для переработки отслуживших свой  
срок автомобилей**

## Содержание

VI.К Установки для переработки отслуживших свой срок автомобилей.....	3
Введение.....	3
1. Описание процесса.....	4
2. Состав отходов переработки (дробления) .....	5
3. Концентрации выбросов от шрединг-установок.....	7
4. Рекомендованные меры .....	8
5. Минимальные технические требования к переработке.....	8
6. Основные меры.....	9
7. Дополнительные меры.....	9
Ссылки на литературу.....	9
Другие источники.....	10

## Рисунки

Рис. 1. Общая схема процесса переработки отслуживших свой срок автомобилей .....	4
Рис. 2. Состав отходов переработки (дробления).....	5

## Таблицы

Таблица 1. Органические вещества в остатках переработки (дробления), определенные в исходных ссылках как “топливные фракции” и “фракции для ликвидации” .....	6
Таблица 2. Выбросы дибензо-п-диоксинов и дибензофуранов на перерабатывающем заводе в Германии (LUA 1997). .....	7
Таблица 3. Данные измерений концентраций выбросов шрединг-установок.....	7

## VI.K Установки для переработки отслуживших свой срок автомобилей

### Резюме

Шрединг-установки (шредеры) для переработки отслуживших свой срок автомобилей упомянуты в Приложении С Стокгольмской конвенции как потенциальный источник образования и выбросов химических веществ, перечисленных в Приложении С. Шредеры – крупномасштабные установки, снабженные внутри одной или несколькими наковальнями или дробильными чушками и стальной обшивкой. Электромотор вращает ротор со свободно качающимися стальными молотами. Под шредером помещен вибрирующий поддон, на который поступает измельченный материал, проходящий через грохот (решетку). Обычно продуктом является поток сравнительно чистого металла, который состоит из маленьких (50 мм) стальных частиц, и потока “ошметков”, который содержит фрагменты из цветных металлов и других материалов, которые попали в шредер (известный также как дезинтегратор).

Имеется весьма мало данных по измерениям выбросов из дымовых труб установок по переработке автомобилей. Однако, результаты некоторых исследований показывают, что уровни концентраций диоксиновых соединений превышают 0.1 нг I-TEQ/м<sup>3</sup>. В настоящее время нет достаточных свидетельств того, что при (механическом) измельчении автомобилей, бытового электрооборудования или иных электроприборов происходит новообразование полихлорированных дибензо-п-диоксинов (ПХДД), полихлорированных дибензофуранов (ПХДФ) или полихлорированных бифенилов (ПХБ). Имеющиеся данные свидетельствуют, что содержащиеся в выбросах шрединг-установок ПХДД/ПХДФ и ПХБ являются результатом преднамеренного промышленного производства и привносятся с маслами, диэлектрическими жидкостями и иными материалами, присутствующими в автомобилях или потребительских товарах, а в ходе механического процесса измельчения они просто высвобождаются.

В любом случае, на шрединг-установках должны приниматься меры по предотвращению случайных пожаров (в результате которых могут образовываться химические вещества, перечисленные в Приложении С). Легкие остатки (ошметки) из шредера состоят из горючих пластиковых пленок, волоконной пыли, из чего следует необходимость осторожной эксплуатации установки в целях предотвращения случайного пожара. Обычно установки для переработки отслуживших свой срок автомобилей снабжены системами для подавления пылеобразования (например, влажное дробление) или сбора пыли (например, циклонные системы, скрубберы или рукавные фильтры). Системы подавления образования или сбора пыли могли бы помочь снижению потенциальных выбросов стойких органических загрязнителей. Для улучшения контроля за выделением пыли, следует хранить тонкие сухие остатки таким образом, чтобы минимизировать их дисперсию. Другими источниками диоксиновых предшественников, которые могут привести к образованию ПХДД/ПХДФ при сжигании, являются конденсаторы, содержащие ПХБ, отработанные масла или текстиль, загрязненные ПХБ или хлорбензолом, и полимеры, содержащие бромированные огнезащитные составы (образование полибромированных дибензо-п-диоксинов (ПБДД) и полибромированных дибензофуранов (ПБДФ) как загрязнителей).

### Введение

Шрединг-установки (шредеры) для переработки отслуживших свой срок автомобилей упомянуты в Приложении С Конвенции как потенциальный источник образования и выбросов непреднамеренно производимых стойких органических загрязнителей. Однако в настоящее время нет достаточных

свидетельств того, что в этом механическом процессе имеет место новообразование полихлорированных дибензо-пара-диоксинов, полихлорированных дибензофуранов или полихлорированных бифенилов. Имеющиеся данные показывают, что дибензо-п-диоксины, дибензофураны и полихлорированные бифенилы, выделяющиеся из шрединг-установок, имеют источником промышленное или преднамеренное производство полихлорированных бифенилов и внесены с маслами и диэлектрическими жидкостями и т.п., содержащимися в автомобилях или, что более вероятно, в потребительских товарах. Шредеры попросту высвобождают эти загрязняющие вещества.

## 1. Описание процесса

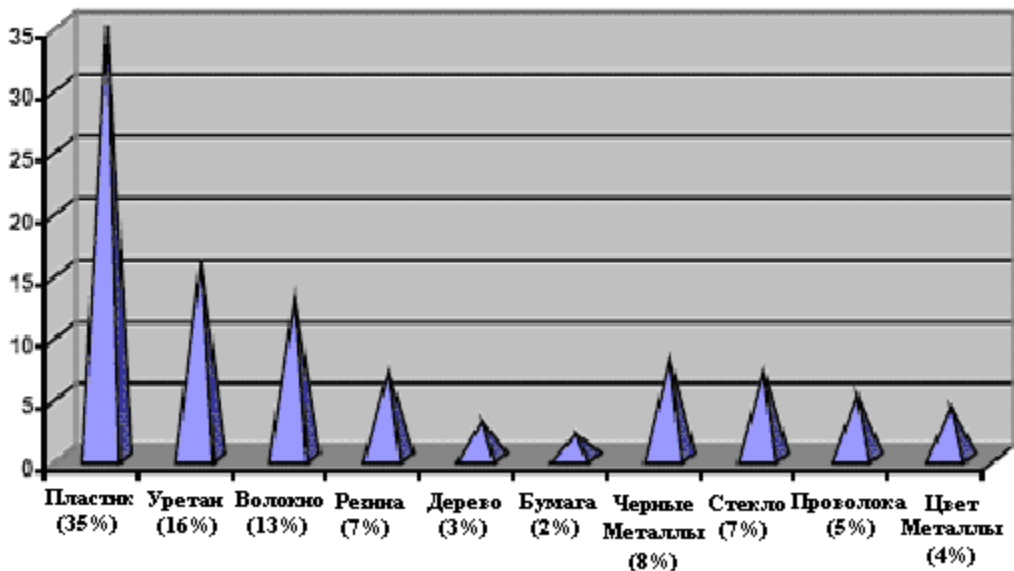
Отслужившие свой срок автомобили перерабатываются шрединг-установками. Практика такова, что их перерабатывают совместно с другими отслужившими свой срок продуктами из металла (такими как велосипеды, офисная мебель, торговые автоматы и так называемые “белые” товары, такие как бытовая техника. На заводе высокопроизводительная молотковая мельница производит определенного размера частицы железного лома высокой “физической” и химической чистоты. Производители стали и другие производители вторичных металлов заинтересованы в этом измельченном железном ломе. Общая схема процесса представлена на рисунке 1.

Рис. 1. Общая схема процесса переработки отслуживших свой срок автомобилей



Многие компоненты автомобилей и других электроагрегатов изготовлены из цветных металлов, таких как медь, алюминий и цинк. В процессе переработки для отделения магнитной железной фракции от других материалов используются магнитные сепараторы. Цветные металлы, такие как медь алюминий, обычно сортируются на более поздней стадии. Остатком является так называемые отходы дробления и на них приходится от 25% до 35% веса отслуживших свой срок автомобилей (Environment Australia, Department of the Environment and Heritage, 2002). Отходы дробления состоят из стекла, волокон, резины, автомобильных жидкостей, пластмасс и грязи. Рисунок 2 иллюстрирует состав отходов переработки.

**Рис. 2. Состав отходов переработки (дробления)**



(Источник: Environment Australia, Department of the Environment and Heritage (2002))

## 2. Состав отходов переработки (дробления)

Состав остатков переработки будет меняться от партии к партии и от установки к установке вследствие различий в составе смесей сырья, подвергнутого переработке и различающихся степеней предобработки и уровней контроля со стороны операторов установок. Следует отметить, что скорее всего остатки переработки будут заметно варьировать в зависимости от шредера ввиду различий в требованиях, согласно условиям лицензирования, установленным в стране или на данной территории, и ввиду изменений со временем в таких условиях.

Исследование из Швеции (Börjesson, L.; Löfvenius, G.; Hjelt, M.; Johansson, S.; Marklund, S., 2000) показывает, что уровни ПХДД/ПХДФ на грамм в сухих образцах остатков шредера ниже во всех фракциях (Табл. 1). Это совпадает с предположением, что уровни диоксинов и фуранов должны быть в основном очень низкими, поскольку ни дибензо-п-диоксины ни дибензофураны не используются или преднамеренно не производятся для любого технического продукта или вещества.

Однако, в противоположность уровням дибензо-п-диоксинов и дибензофуранов, уровни полихлорированных бифенилов были высокими, особенно во фракциях, источником которых были промышленные отходы или отходы “белых” товаров. Присутствие полихлорированных бифенилов в “белых” товарах вносит наибольший вклад в количества полихлорированных бифенилов процесса переработки, но не является результатов непреднамеренного образования в ходе самого процесса. Поэтому желательно знать и определять до процесса переработки, какие компоненты электроприборов могут включать эти компоненты и пытаться убрать их до переработки.

**Таблица 1. Органические вещества в остатках переработки (дробления), определенные в исходных ссылках как “топливные фракции” и “фракции для ликвидации”**

Органические материалы	ПХДД/Ф, I-TEQ нг/г - топливная фракция	ПХДД/Ф, I-TEQ нг/г - фракция для ликвидации	ПХБ, мкг/г – топливная фракция	ПХБ, мкг/г – фракция для ликвидации	пентахлорбензол, мкг/г – топливная фракция	пентахлорбензол, мкг/г – фракция для ликвидации
Уст.1- ½ разборка	< 0,6	-	6,7	-	2,2	-
Уст.1–полная разборка	< 0,20	-	6,1	-	0,4	-
Уст.1- разные автомобили	< 0,03	0,04	1,1	41	0,7	0,4
Уст.1 – разные отходы	< 0,2	0,03	12	77	0,8	0,3
Уст.1 – “белые” товары	< 0,15	0,04	34	114	0,9	0,4
Уст.1 – пром. отходы	< 0,3	0,04	24	62	0,3	0,2
Уст.2- ½ азборка	< 0,2	-	2,1	-	1,9	-
Уст.2- ½ разборка	< 0,11	-	0,5	-	1,5	-
Уст.2–полная разборка	< 0,6	-	0,6	-	0,4	-
Уст.2- разные автомобили	< 0,3	0,06	1,5	14	1,5	0,3
Уст.2– разные отходы	< 0,2	0,15	39	217	1,9	0,4
Уст.2 – “белые” товары	< 0,16	0,11	102	254	0,7	0,5
Уст.2 – пром. отходы	< 0,12	0,14	25	295	0,4	0,15

(Источник: Børgjeson, L; Löfvenius, G; Hjelt, M.; Johansson, S.; Marklund, S. 2000)

Исследования подтверждают, что остатки переработки (дробления) от отслуживших свой срок автомобилей содержат ПХБ в диапазоне частей на миллион (мг/кг) (Urano et al. 1999, Sakai et al. 1998, 2000). Загрязнение дибензо-п-диоксинами и дибензофуранами моторного масла отслуживших свой срок автомобилей невозможно было обнаружить. Принимая во внимание структуру конгенеров, можно предположить, что главной причиной является то, что произведенные в прошлом содержащие полихлорированные бифенилы материалы были смешаны в процессе рециклизации и образования отходов. Хотя в этих исследованиях выбросы стойких органических загрязнителей из шрединг-установок не изучались, с учетом уровней ПХБ в диапазоне частей на миллион (мг/кг) в остатках переработки автомобилей, следует рассмотреть потенциальные выбросы стойких органических загрязнителей с дымовыми газами. Это поступление полихлорированных бифенилов имеет происхождение от торговой смеси полихлорированных бифенилов, которая используется в автомобиле. Эти ПХБ не являются непреднамеренно произведенными стойкими органическими загрязнителями и, таким образом, в строгом смысле, не являются предметом реестра выбросов полихлорированных бифенилов, согласно положениям Статьи 5 Стокгольмской конвенции. Однако, поскольку нет возможности провести различие между преднамеренно и непреднамеренно произведенными

полихлорированными бифенилами в отходах и выбросах шредера, для минимизации или ликвидации выбросов полихлорированных бифенилов от процесса переработки следует применять наилучшие имеющиеся методы и наилучшие виды природоохранной деятельности.

Медь и хлор в значительных количествах являются составными частями отходов переработки и, в случае сжигания, способствуют образованию дибензо-п-диоксинов, дибензофуранов и других непреднамеренно выделяющихся стойких органических загрязнителей.

### 3. Концентрации выбросов от шрединг-установок

Отчет о Европейском реестре диоксинов показывает, что имеются данные измерений выбросов дибензо-п-диоксинов и дибензофуранов от нескольких шрединг-установок. В целом, были обнаружены очень низкие концентрации ( $< 0.01$  нг I-TEQ/м<sup>3</sup>) на заводе, проверенном в земле Саксония-Ангальт (Германия). Имеющиеся данные просуммированы в таблице 2 ниже, представляющей выбросы и факторы выбросов (эмиссий) в атмосферу.

**Таблица 2. Выбросы дибензо-п-диоксинов и дибензофуранов на перерабатывающем заводе в Германии (LUA 1997).**

	Минимальная	Максимальная	Среднее геометрическое	Среднее арифметическое
Концентрации выбросов (нг I-TEQ/м <sup>3</sup> )	0,002	0,430	0,056	0,140
Фактор выбросов (эмиссии) (мкг I-TEQ/т)	0,059	0,667	0,236	0,303

Дальнейшее исследование в Бельгии (François, F., Blondeel, M., Bernaert, P., Vaert, R., 2004) рассмотрело потенциальные специфические источники непреднамеренно выделяющихся ПХБ и ПХДД/ПХДФ из установки по переработке, превращающей отслужившие свой срок автомобили и отходы электронного и электротехнического оборудования в различные фракции для повторного использования. Обзор ряда измерений выбросов дибензо-п-диоксинов, дибензофуранов и непреднамеренно выделяющихся полихлорированных бифенилов из дымовой трубы дается в таблице 3. Установки оснащены, по меньшей мере, системой циклонного фильтра для обеспыливания дымовых газов. Скорости потока дымовых газов обычно около 75 000 нм<sup>3</sup>/час. Все концентрации дибензо-п-диоксинов, дибензофуранов, за исключением одной, были ниже 0.1 нг TEQ/нм<sup>3</sup>.

**Таблица 3. Данные измерений концентраций выбросов шрединг-установок**

Измерения выбросов	ПХДД/Ф, нг/TEQ/нм <sup>3</sup>	Диоксиноподобные ПХБ (сумма 12-и конгенов), нг/TEQ/нм <sup>3</sup>
Установка 1	0,0098	0,048
	0,012	0,41
	0,0048	0,073
	0,0004	0,025
Установка 2	0,077	0,74
	0,043	1,06
	0,022	0,30

Установка 3	0,0088	0,171
	0,37	0,34
	0,025	0,73

(Источник: François, F., Blondeel, M., Bernaert, P., Baert, R. 2004)

Прекурсоры диоксинов могут привести к образованию полихлорированных дибензо-п-диоксинов и дибензофуранов (ПХДД/ПХДФ), когда сжигаемая масса включает содержащие полихлорированные бифенилы конденсаторы, полихлорированные бифенилы или загрязненные хлорбензолом отходы масел или текстиля, или полимеры, содержащие бромированные огнезащитные составы (образование полибромированных дибензо-п-диоксинов (ПБДД) и полибромированных дибензофуранов (ПБДФ) к качеству загрязнений).

#### 4. Рекомендованные меры

Важной наилучшей экологической практикой является повышение ответственности операторов shredders. Следует проделать анализ для идентификации опасных компонентов и жидкостей, поступающих с исходным материалом и предоставить средства для их извлечения до начала процесса переработки.

Решающим фактором является контроль перерабатываемой массы, особенно на содержание в ней электрических устройств, трансформаторов и конденсаторов, которые должны быть идентифицированы, разобраны и уничтожены отдельно, чтобы избежать поступление полихлорированных бифенилов в установку. Это также является мерой для уменьшения загрязнения остатков переработки полихлорированными бифенилами.

Тем не менее, остатки переработки всегда загрязнены и должны уничтожаться только в специализированной сжигательной установке.

Разборкой и рециклизацией больших частей из платмассы, например, бамперов, может достигнуто значительное уменьшение остающейся фракции пластмасс в отслуживших свой срок автомобилях и, как результат, сокращение объемов отходов переработки.

Значительная доля содержащихся в отходах металлов, таких как медь и алюминий, может быть извлечена дальнейшей обработкой отходов переработки, например, разделением вихревым потоком.

Для того, чтобы достичь повышения доли фракций для рециклизации следует способствовать на стадии формирования продукта использованию рециклизованного материала и простой разборке. Это имеет значение не только для отслуживших свой срок автомобилей.

#### 5. Минимальные технические требования к переработке

Площадки необходимо оборудовать так, чтобы предотвратить загрязнение почвы, воды и воздуха. По этой причине должны иметься надлежащие складские помещения, включая изолирующие поверхности с устройствами для сбора разливов, приемники и очистители/обезжириватели, а также оборудование для обработки надлежащих емкостей для хранения воды, включая дождевую воду. В дополнение, необходимо обеспечить надлежащее хранение снятых запчастей, включая хранение в изолирующих условиях запчастей, загрязненных маслами, иметь надлежащие контейнеры для хранения батарей (с нейтрализацией электролита на месте или где-либо), фильтры и содержащие ПХБ/ПХТ конденсаторы, и надлежащие емкости для хранения жидкостей.



## 6. Основные меры

Жидкости, такие как тормозные жидкости, горючее, жидкость для рулевой колонки, моторное масло, жидкости для радиатора и трансмиссии должны быть в основном удалены из отслужившего свой срок автомобиля или другого агрегата до переработки. Это особенно применимо в случае ПХБ, которые должны быть обнаружены и удалены из агрегата, подлежащего переработке. Особое внимание следует уделить трансформаторам и конденсаторам. Эти меры могут включать:

- Удаление батарей и емкостей для сжиженного газа;
- Удаление или нейтрализация потенциально взрывчатых компонентов (например, подушек безопасности);
- Удаление и отдельный сбор и хранение топлива, моторного масла и масла из других компонентов;
- Удаление катализаторов;
- Удаление покрышек и больших пластиковых частей (таких как бамперы, приборные щитки, контейнеры для жидкостей и т.д.), если эти материалы не разделяются в процессе переработки таким путем, что они могут быть успешно рециклированы как материалы.

## 7. Дополнительные меры

Меры для предотвращения поступления стойких органических соединений из шрединг-установок включают:

- Усовершенствованная переработка дымовых газов (с рукавным фильтром и фильтром активированным углем для удаления как газообразных выбросов, так и выбросов твердых частиц);
- Соответствующее удаление остатков и жидких отходов переработки, содержащих смесь органических материалов, тяжелых металлов, таких как медь и, во многих случаях, полихлорированные бифенилы и другие хлорированные вещества. Обработка этих отходов ненадлежащим образом приведет к выбросам непреднамеренно образующихся стойких органических загрязнителей. Это особенно относится к открытому сжиганию. Отходы переработки никогда не должны сжигаться на открытом огне или в неподходящих установках.
- Надлежащее обращение с отходами переработки – это сжигание в установке, отвечающей требованиям наилучших имеющихся методов и лучших видов природоохранной деятельности. Если такая установка отсутствует, можно отдать предпочтение помещению отходов на санитарной свалке, нежели другим формам удаления

## Ссылки на литературу

Basel Convention Secretariat. 2002. *Technical Guidelines on the Environmentally Sound Management of the Full and Partial Dismantling of Ships*. Basel Convention on the Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes and Their Disposal, United Nations Environment Programme. Geneva.

Börjeson, L.; Löfvenius, G.; Hjelt, M.; Johansson, S.; Marklund, S. 2000. “*Characterization of automotive shredder residues from two shredding facilities with different refining processes in Sweden*”, Waste Manage Res. (2000) 18 p.358-366.

European Commission. 2000. Directive 2000/53/EC of the European Parliament and of the Council of 18 September 2000 on end-of life vehicles. Official Journal of the European Communities, L 269/34-269/42 EN, 21.10.2000.

Environment Australia, Department of the Environment and Heritage .2002. “Environmental Impact of End-of-Life Vehicles: An Information Paper”.

François F., M. Blondeel, P. Bernaert, and R. Baert .2004. Diffuse Emissions of PCDD/F and Dioxin-like PCB from Industrial Sources in the Flemish Region. *Organohalogen Compd.* **66**, 906-912.

Fahrni, H.-P., 2005. Präsentation - Seminar der Abteilung Abfall “Situation RESH” 2005, BUWAL, Switzerland,

Fiedler, H.; Sakai, S. 2004. Shredder Plants for Treatment of end-of-life-vehicles. Information document prepared for the third Session of the Expert Group on BAT/BEP. [www.pops.int](http://www.pops.int).

LUA .1997. Identification of Relevant Industrial Sources of Dioxins und furans in Europe. Materialien No. 43. Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, Essen, Germany.

Sakai S., S. Urano, and H. Takatsuki .2000. Leaching behavior of PCB and PCDDs/DFs from some waste materials. *Waste Management* **20**, 241-247.

Sakai S., S. Urano, and H. Takatsuki .1998. Leaching Behavior of Persistent Organic Pollutants (POPs) in Shredder Residues. *Chemosphere* **37**, 2047-2054.

Towa Kagaku Co. 2001. Research report on current status of recycling plaza.

Urano S., S. Sakai, and H. Takatsuki .1999. *PCB in Automobile Shredder Residue and its origin*. 8<sup>th</sup> Symposium on Environmental Chemistry Program and Abstracts, pp 50-51 (in Japanese).

### **Другие источники**

Nourreddine, M. 2006. “*Recycling of auto shredder residue*” *Journal of Hazardous Materials*-5423.

## **Раздел VI**

**Указания и руководящие принципы по категориям источников:**

**Категории источников в Части III Приложения С**

**Категория источников (I):  
Обработка медных кабелей тлеющим огнем**

## Содержание

VI.L. Обработка медных кабелей тлеющим огнем .....	3
1. Описание процесса.....	3
2. Источники химических веществ, перечисленных в Приложении С Стокгольмской конвенции .....	4
2.1. Общая информация по эмиссиям при обработке медных кабелей тлеющим огнем. 4	
2.2. Эмиссии ПХДД/ПХДФ в атмосферу.....	4
3. Процессы, альтернативные обработке медных кабелей тлеющим огнем .....	4
2.3. Измельчение кабеля .....	4
3.2. Зачистка кабеля .....	5
3.3. Высокотемпературное сжигание .....	6
4. Сводный перечень мер.....	6
Ссылки на литературу .....	7

## Таблицы

Таблица 1. Меры в отношении новых установок по обработке медных кабелей.....	6
------------------------------------------------------------------------------	---

## VI.L. Обработка медных кабелей тлеющим огнем

### Резюме

Лом меди часто извлекается путем открытого сжигания пластиковой изоляции электрокабелей и электропроводов. Химические вещества, перечисленные в Приложении С Стокгольмской конвенции вероятно образуются из пластика и присутствующих в остаточном количестве масел, а медь служит катализатором при температурах тлеющего огня в 250° - 500° С.

Наилучшие имеющиеся методы включают механическое измельчение кабеля, зачистку или высокотемпературное сжигание >850° С. Также возможно установить цену с надбавкой за незачищенный кабель и поощрять отправку переплавляемого материала на медеплавильные заводы, использующие для обработки наилучшие имеющиеся методы.

Достижимые эксплуатационные показатели здесь неприменимы, поскольку процесс обработки тлеющим огнем не относится к наилучшим имеющимся методам или наилучшим видам природоохранной деятельности и не должен применяться.

### 1. Описание процесса

Обработка медных кабелей тлеющим огнем включает открытое сжигание пластиковой изоляции электрокабелей и электропроводов для извлечения лома меди. Это процесс трудоемкий и производится он либо отдельными лицами, либо на малых предприятиях без каких-либо мер по очистке воздушных выбросов. Обработка тлеющим огнем проводится в железных бочках или на открытой земляной площадке. Не используются никакие средства температурного контроля или добавления кислорода для обеспечения полного сгорания пластиковых компонентов.

Обработка медных кабелей тлеющим огнем становится широко распространенной в развивающихся странах в связи с ручной переработкой компьютерного лома. Однако применение этого процесса не ограничивается развивающимися странами и проблему следует решать в глобальном масштабе. Многие развитые и развивающиеся страны приняли законодательство, запрещающее открытое сжигание, однако эта практика продолжается.

В техническом руководстве по идентификации и экологически безопасному управлению и удалению отходов пластмасс согласно Базельской конвенции о контроле за трансграничной перевозкой опасных отходов и их удалением говорится: «Открытое сжигание не является экологически приемлемым решением для какого бы то ни было вида отходов» (UNEP 2002, р. 43). Кроме того, Решением VII/19 седьмой встречи Конференции Сторон Базельской конвенции (октябрь 2004) внесены поправки в Приложения VIII и IX к Конвенции, включающие положения о неконтролируемом сжигании отходов кабелей с пластиковой изоляцией. «Закон о чистом воздухе» Великобритании гласит: «Лицо, которое сжигает изоляцию кабеля с целью извлечения металла из кабеля, является виновным в правонарушении ... [и] подлежит присуждению штрафа в порядке суммарного производства ...» (Government of the United Kingdom 1993).

## **2. Источники химических веществ, перечисленных в Приложении С Стокгольмской конвенции**

Образование полихлорированных дибензо-п-диоксинов (ПХДД) и полихлорированных дибензофуранов (ПХДФ) может происходить за счет остаточных количеств масел и присутствия хлора из пластика в обрабатываемом материале. Поскольку медь является наиболее эффективным металлическим катализатором образования ПХДД/ПХДФ, сжигание медных кабелей может быть критически значимым источником эмиссий ПХДД/ПХДФ.

### **2.1. Общая информация по эмиссиям при обработке медных кабелей тлеющим огнем.**

В процессе обработки медных кабелей тлеющим огнем высвобождаются различные загрязнители в дополнение к ПХДД/ПХДФ, такие как угарный газ (СО), сернистый газ (SO<sub>2</sub>), полициклические ароматические углеводороды, хлористый водород, тяжелые металлы и зола. Неполное сжигание происходит вследствие низких температур горения (250° - 700° С), в результате чего образуются углеводороды и твердые частицы. Свинцовые стабилизаторы, зачастую включаемые в полимерную ПВХ матрицу пластиковой изоляции кабелей, высвобождаются при обработке тлеющим огнем. Также сжигаются медные кабели со свинцовым покрытием, что приводит к высвобождению дополнительного свинца. Выбросы загрязнителей происходят в воздух, воду и почву

### **2.2. Эмиссии ПХДД/ПХДФ в атмосфере**

Неполное сгорание хлорированных пластиков приводит к образованию ПХДД/ПХДФ. Пластиковая изоляция медных кабелей состоит, в основном, из поливинилхлорида (ПВХ).

«В ходе сгорания в качестве промежуточных продуктов реакции образуются различные углеводороды с кольцевой структурой (называемые «предшественниками»). В присутствии хлора эти соединения могут вступать в реакцию друг с другом, при этом образуется ПХДД/ПХДФ. Наиболее часто встречающимися предшественниками являются хлорбензолы, хлорфенолы и хлорированные бифенилы. ПХДД/ПХДФ могут также образовываться в результате реакции сложных органических молекул и хлора. В ряде исследований в ходе проведения испытаний по сжиганию выявлена сильная корреляция между содержанием хлора и эмиссиями ПХДД/ПХДФ» (ЕРА 1997, р. 3–8).

Деструкция ПХДД/ПХДФ требует температур выше 850 °С в присутствии кислорода (European Commission 2001).

## **3. Процессы, альтернативные обработке медных кабелей тлеющим огнем**

Для предотвращения образования ПХДД/ПХДФ не следует производить обработку медных кабелей тлеющим огнем. Процессы, альтернативные открытому сжиганию, обсуждаются ниже.

### **2.3. Измельчение кабеля**

При измельчении кабеля возможно отделение пластиковой изоляции от кабеля без образования ПХДД/ПХДФ как в термических методах (UNEP 2001). Данный процесс позволяет обрабатывать кабели смешанного типа и различного диаметра. Получаемые в результате продукты – это гранулированная медь и ПВХ.

Измельчение кабеля включает следующие этапы:

### **2.3.1. Предварительная сортировка**

Предварительная сортировка по типам кабелей критически важна для эффективности операций по измельчению кабелей, поскольку позволяет извлекать максимум из обрабатываемых отходов и легче отделять пластик. Критерии сортировки включают металлические сплавы (разделение медных и алюминиевых кабелей), диаметр провода, длину кабеля и тип изоляции. Длинные кабели разрезаются на куски < 1 м, а плотно скрученные кабели разделяются на отдельные жилы. Обрабатываемые кабели могут иметь диаметр от минимального до 8 см. Непригодный материал, такой как свертонкие провода, провода в смазке или смоле, должен удаляться.

«В прошлом для улучшения изоляционных свойств некоторых видов высоковольтных кабелей и для повышения огнезащитных свойств некоторых видов низковольтных кабелей к ПВХ добавлялся ПХБ. Присутствие таких кабелей должно быть установлено до начала процесса рекуперации» (UNEP 2001).

Согласно данным по ПХБ, представленным Германией, в большинстве проб обнаружено загрязнение на уровне 30 мг ПХБ/кг, причем в некоторых из них уровни загрязнения достигают нескольких сотен ppm, а в других уровни загрязнения составляют < 10 ppm.

### **3.1.2. Измельчение кабеля**

Измельчение кабеля используется для превращения длинных кусков кабеля в куски приемлемого для гранулятора размера. На малых предприятиях этот процесс необязателен. При этом процессе образуется меньше фильтруемой пыли, чем при шрединге.

### **3.1.3. Гранулирование**

Гранулирование производится для освобождения металлов от пластиковой изоляции. Тонкая грануляция необходима для обеспечения достаточной степени освобождения металлов от пластика. Однако небольшие количества металлов останутся в пластике и попадут в отходы.

### **3.1.4. Просеивание**

Просеивание может использоваться для обеспечения адекватного высвобождения металлов путем сепарирования по размеру частиц. Крупные частицы могут быть направлены на повторную обработку в гранулятор. Металлические частицы могут извлекаться из просеиваемого материала путем удаления более легких неметаллических частиц при помощи aspirатора. В ходе просеивания должно производиться улавливание и фильтрация пыли.

### **3.1.5. Разделение по плотности**

Извлечение металлов зависит от эффективности сепарационной техники и степени высвобождения металла из пластика. Отделение металлических частиц может производиться при помощи установок плотностной сепарации, таких как сепараторы с псевдосжиженным слоем. По сравнению с плотностными сепараторами, большая эффективность может достигаться при применении сухих электросепараторов.

## **3.2. Зачистка кабеля**

Зачистка кабеля является более дешевым методом обработки медных кабелей, чем измельчение, но менее производительным. В этом процессе образование ПХДД/ПХДФ не вызывает озабоченности. Этот метод предпочитается в развивающихся странах из-за его меньшей стоимости. До зачистки также следует проводить предварительную сортировку кабелей по типам металлов, изоляционного материала, диаметра и длины проводов. (UNEP 2001, p. 44).

Несмотря на меньшую производительность, извлечение меди происходит полностью, поскольку никакие частицы металла не остаются в пластиковой изоляции. Тщательное отделение по типам

## Раздел VI.L Обработка медных кабелей тлеющим огнем

изоляция позволяет получить отходы, состоящие из только одного вида полимера, что облегчает рекуперацию как металлических, так и пластиковых компонентов.

Устройства для зачистки кабеля могут обрабатывать только отдельные жилы со скоростью до 60 м/мин или 1100 кг/мин при диаметре кабеля от 1.6 мм до 150 мм.

### **3.3. Высокотемпературное сжигание**

Высокотемпературное сжигание должно использоваться только для обработки кабелей, не подлежащих обработке измельчением или зачисткой. Такие материалы, как тонкий провод и жирные или засмоленные кабели сжигаются в установках с регулируемым составом воздуха для обеспечения полного сгорания пластика. При этом должны использоваться эффективные системы очистки дымовых газов (UNEP 2001, p. 46).

Печные дымовые газы содержат такие загрязнители, как ПХДД/ПХДФ, углекислый газ (CO<sub>2</sub>), сернистый газ (SO<sub>2</sub>), хлористый водород и фториды, а также пыль. Поскольку ПХДД/ПХДФ абсорбируются на взвешенных частицах, пыль должна улавливаться при помощи эффективных методов, таких как тканевые фильтры, и повторно возвращаться в печь. Установка после камеры сжигания дожигателей и систем резкого охлаждения желательна, если в процессе сжигания не происходит эффективного устранения ПХДД/ПХДФ. SO<sub>2</sub>, хлористый водород и фториды должны удаляться методом мокрой щелочной очистки.

Полученный в результате сжигания металлический лом имеет меньшую ценность из-за окисления в процессе термической обработки. При сжигании существует значительная возможность образования ПХДД/ПХДФ. Измельчение и зачистка кабелей предпочтительны методу высокотемпературного сжигания, поскольку эти процессы более экономичны и экологически безопасны. Типы кабелей, непригодных для измельчения или зачистки, могут также обрабатываться на установках первичного и вторичного плавления меди.

## **4. Сводный перечень мер**

В Таблице 1 приводится сводный перечень мер в отношении новых установок по обработке медных кабелей.

**Таблица 1. Меры в отношении новых установок по обработке медных кабелей**

<b>Меры</b>	<b>Описание</b>	<b>Учитываемые факторы</b>	<b>Примечания</b>
Альтернативные процессы	Вместо открытого сжигания должны рассматриваться различные рекомендуемые процессы обработки	Рекомендуемые процессы включают: <ul style="list-style-type: none"><li>• Измельчение кабелей</li><li>• Зачистка кабелей</li><li>• Высокотемпературное сжигание для материалов, непригодных для измельчения или зачистки</li></ul>	Сжигание считается наилучшим имеющимся методом при адекватной системе сбора и очистки газа

Обработка медных кабелей тлеющим огнем не должна производиться, поскольку в процессе такой обработки образуются выбросы ПХДД/ПХДФ. Открытое сжигание никогда не должно рассматриваться как приемлемый способ обработки отходов. Во многих странах приняты законодательные и директивные меры на уровне государства, штата, провинции, территории и муниципалитетов против обработки медных кабелей тлеющим огнем.



## **Раздел VII. Обработка медных кабелей тлеющим огнем**

Примеры таких руководящих принципов и законодательных норм приводятся в UNEP 2001; Government of the United Kingdom 1993; Government of Hong Kong 1996; Government of New Zealand 2004.

Возможной рекомендацией является установление цен с надбавкой за незачищенные кабели и провода для поощрения отправки этих материалов на обработку в медеплавильных установках, использующих наилучшие имеющиеся методы.

Показатели достижимых эксплуатационных уровней выбросов в этом случае не применимы, так как процесс обработки тлеющим огнем не является наилучшим имеющимся методом или наилучшим видом природоохранной деятельности и не должен практиковаться.

### **Ссылки на литературу**

EPA (United States Environmental Protection Agency). 1997. *Locating and Estimating Air Emissions from Sources of Dioxins and Furans*. EPA-454/R-97-003. EPA, Office of Air Quality Planning and Standards, Office of Air and Radiation, Washington, D.C.

European Commission. 2001. *Reference Document on Best Available Techniques in the Non-Ferrous Metals Industries*. BAT Reference Document (BREF). European IPPC Bureau, Seville, Spain. [eippcb.jrc.es](http://eippcb.jrc.es).

Government of Hong Kong. 1996. *Air Pollution Control Ordinance (Open Burning) 1996*. Chapter 3110, Section 4. [www.justice.gov.hk/home.htm](http://www.justice.gov.hk/home.htm).

Government of New Zealand. 2004. *Resource Management National Environmental Standards Relating to Certain Air Pollutants, Dioxins, and Other Toxics Regulations*. [www.mfe.govt.nz/laws/standards/air-quality-standards.html](http://www.mfe.govt.nz/laws/standards/air-quality-standards.html)

Government of the United Kingdom. 1993. *Clean Air Act 1993 (c.11)*. Part IV, No. 33. [www.hmso.gov.uk/acts/acts1993/Ukpga\\_19930011\\_en\\_5.htm#mdiv33](http://www.hmso.gov.uk/acts/acts1993/Ukpga_19930011_en_5.htm#mdiv33).

UNEP (United Nations Environment Programme). 2002. *Technical Guidelines for the Identification and Environmentally Sound Management of Plastic Wastes and for Their Disposal*. UNEP, Geneva. [www.basel.int/meetings/cop/cop6/cop6\\_21e.pdf](http://www.basel.int/meetings/cop/cop6/cop6_21e.pdf).

## **Раздел VI**

**Указания и руководящие принципы по  
категориям источников:**

**Категории источников в Части III Приложения С**

**Категория источников (т):  
Предприятия по переработке отработанных  
масел**

## Содержание

VI.М.	Предприятия по переработке отработанных масел .....	3
1.	Введение .....	3
2.	Отработанные масла .....	4
3.	Присутствие полихлорированных дибензо-пара-диоксинов, полихлорированных дибензофуранов (ПХДД/ПХДФ) в отработанных маслах .....	4
4.	Предприятия по переработке отработанных масел .....	4
4.1.	Вакуумная дистилляция + обработка глиноземом.....	4
4.2.	Вакуумная дистилляция + химическая обработка.....	5
4.3.	Предобработка водородом + вакуумная дистилляция .....	5
4.4.	Выпаривание в тонком слое + экстракция.....	5
4.5.	Прямое контактное гидрирование (UOP-DCH процесс).....	5
5.	Меры по сокращению полихлорированных дибензо-пара-диоксинов, полихлорированных дибензофуранов (ПХДД/ПХДФ) и полихлорированных бифенилов (ПХБ) .....	6
6.	Выводы .....	6
	Ссылки на литературу .....	6

## VI.M. Предприятия по переработке отработанных масел

### Резюме

Предприятия по переработке отработанных масел приводятся в Приложении С Стокгольмской конвенции как потенциальный источник образования и выбросов химических веществ, перечисленных в Приложении С.

Применительно к целям этого раздела руководства отработанные масла определяются как любые использованные масла на нефтяной, синтетической, растительной или животной основе. Отработанные масла могут происходить из двух основных источников: промышленные отработанные масла, и растительные и животные отработанные масла. Среди промышленных отработанных масел можно выделить три основные категории: промышленные масла (например, смазочное масло для гидравлических систем, смазка для двигателей, эмульсионное масло); масла, использованные в гаражах и мастерских; и трансформаторное масло.

Обнаружилось, что отработанные масла могут быть загрязнены полихлорированными дибензо-п-диоксинами (ПХДД), полихлорированными дибензофуранами (ПХДФ) и полихлорированными бифенилами (ПХБ).

В настоящее время нет свидетельств того, что на предприятиях по переработке отработанных масел происходит новообразование ПХДД/ПХДФ или ПХБ. Имеющиеся данные свидетельствуют, что выбросы ПХДД/ПХДФ и ПХБ предприятиями по переработке отработанных масел или предприятиями по их транспортировке и утилизации происходят в результате промышленного, преднамеренного производства ПХБ или хлорбензолов, которые попадают в отработанные масла как загрязнители либо в процессе синтеза (этих химических веществ), либо в процессе использования или предшествующей рециркуляции. В этом смысле предприятия по переработке отработанных масел представляют собой не источник формирования химических веществ, перечисленных в Приложении С, а скорее источник их распространения.

Согласно имеющейся информации, варианты утилизации отработанных масел включают: повторное использование или регенерацию, термический крекинг, и сжигание или использование в качестве топлива. Следует отметить, что во многих странах также практикуется сброс на свалку и открытое сжигание.

За информацией о сжигании отработанных масел в мусоросжигательных установках или их использовании в качестве топлива следует обратиться к соответствующим разделам настоящего руководства (разделы V.A, установки для сжигания отходов; V.B, цементные печи для сжигания опасных отходов; VI.A, открытое сжигание отходов; VI.C, источники, связанные с процессами сжигания в домашних хозяйствах; VI.D, сжигание ископаемых видов топлива в котлах коммунальной системы и в промышленных котлах).

### 1. Введение

Предприятия по переработке отработанных масел приводятся в Приложении С Стокгольмской конвенции как потенциальный источник образования и выбросов химических веществ, перечисленных в Приложении С. Имеющаяся информация о предприятиях по переработке отработанных масел как источниках полихлорированных дибензо-пара-диоксинов и полихлорированных дибензофуранов (ПХДД/ПХДФ) весьма ограничена, и необходимо дальнейшее исследование.

## 2. Отработанные масла

Отработанные масла включают в себя любые нефтяные или синтетические масла, которые уже были использованы. Вода, химические вещества, металлические частицы и загрязнения смешиваются с маслом во время его использования, ухудшая его свойства, пока не потребуется его замена на новое масло.

Новые масла – это смесь масла в качестве основы (минерального или синтетического) и добавок (15–25%). Тип основного масла и примесей определяет возможность регенерации и возможного образования ПХДД/ПХДФ на предприятиях по переработке отработанных масел.

## 3. Присутствие полихлорированных дибензо-пара-диоксинов, полихлорированных дибензофуранов (ПХДД/ПХДФ) в отработанных маслах

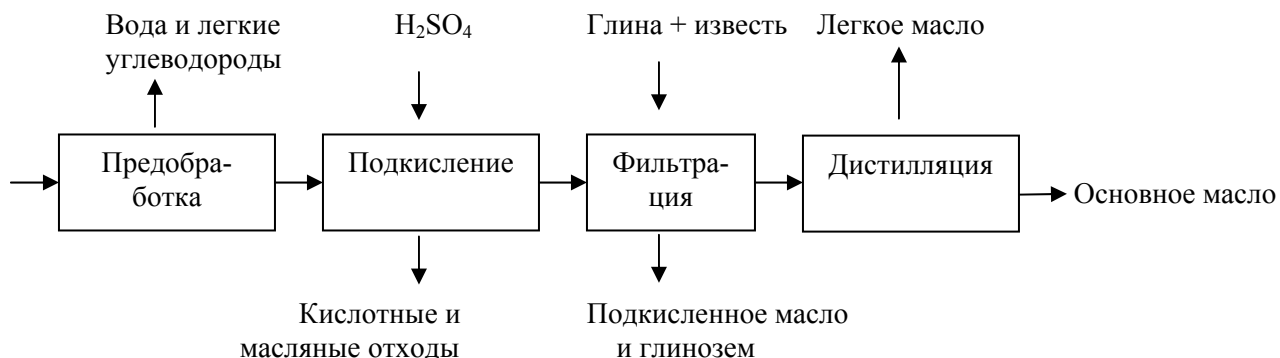
Hagenmaier и Brunner (цитировано Fiedler) анализировали новые и отработанные моторные масла (в автомобилях, работающих на этилированном бензине, после пробега 10 000 км). В свежих и отработанных моторных маслах при пределе определения 0.05 мкг/кг на конгенер полихлорированные дибензо-пара-диоксины и полихлорированные дибензофураны не могут быть обнаружены. Однако, полихлорированные дибензо-пара-диоксины и полихлорированные дибензофураны с высокой степенью хлорирования были обнаружены в маслах после рециклизации, вероятно, попадая из отработанные масел, загрязненных пентахлорфенолом и его натриевой солью, которые использовались в Европе при производстве минеральных масел. Необходимо отметить, что некоторые добавки, используемые в современных смазочных маслах, содержат хлорированные соединения, и необходимо продолжить мониторинг отработанных масел, отправляемых на переработку.

## 4. Предприятия по переработке отработанных масел

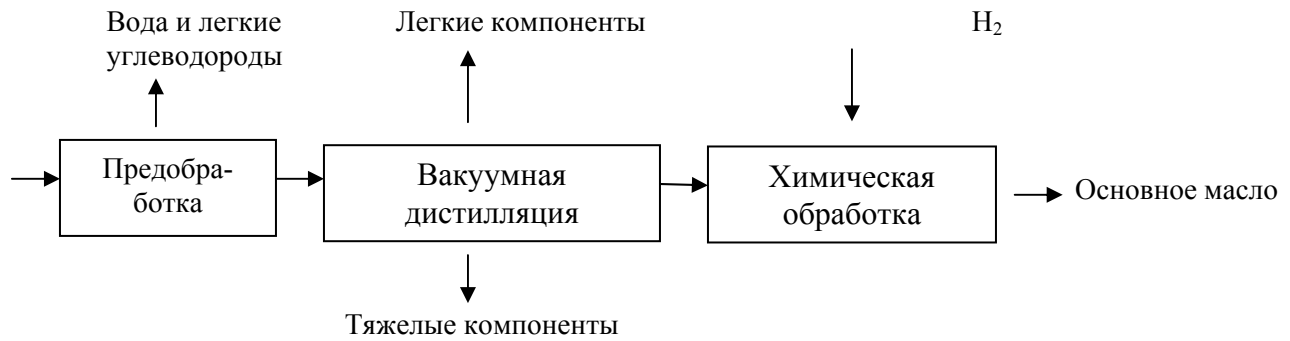
Предприятия по переработке отработанных масел предназначены для производства масел в качестве основы, некоторых побочных продуктов и отходов. Легкие фракции побочных продуктов могут быть использованы как топливо, наиболее тяжелые, содержащие добавки и углеродсодержащие частицы, могут быть использованы как компонент смеси для устройства дорожных покрытий.

Для предприятий по переработке отработанных масел характерны пять технологий:

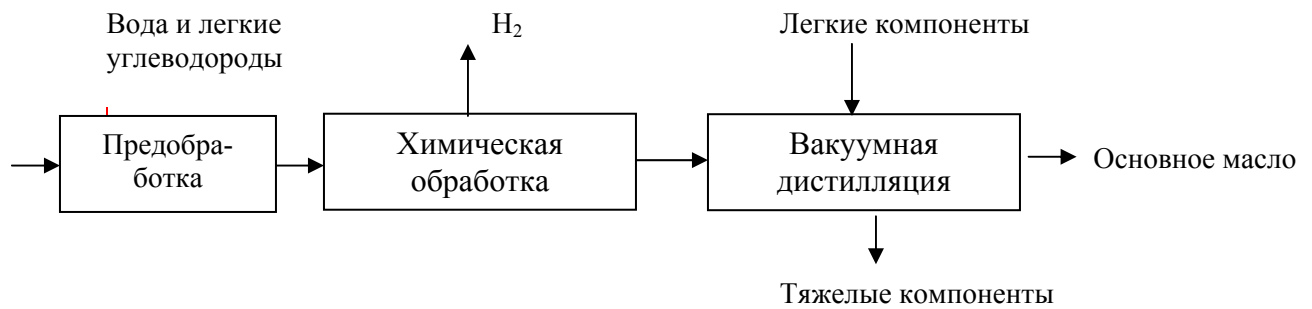
### 4.1. Вакуумная дистилляция + обработка глиноземом



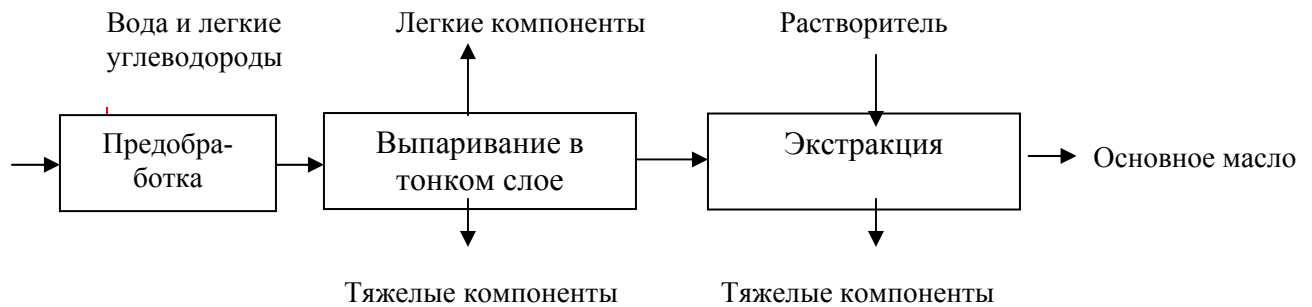
**4.2. Вакуумная дистилляция + химическая обработка**



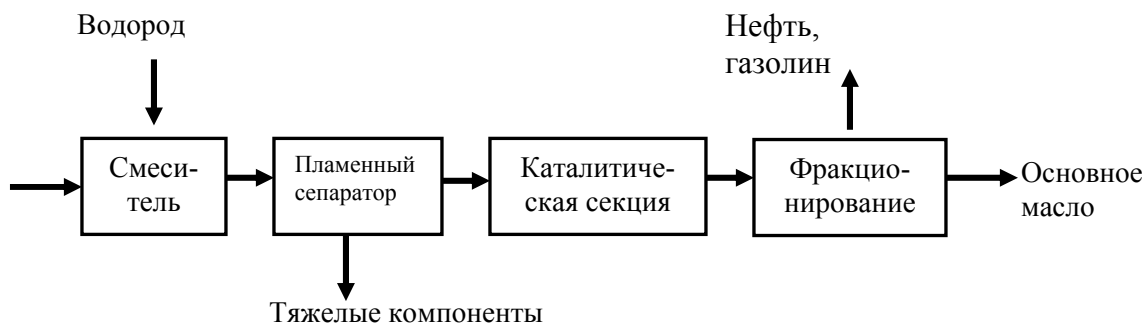
**4.3. Предобработка водородом + вакуумная дистилляция**



**4.4. Выпаривание в тонком слое + экстракция**



**4.5. Прямое контактное гидрирование (UOP-DCH процесс)**



## **5. Меры по сокращению полихлорированных дибензо-парадиоксинов, полихлорированных дибензофуранов (ПХДД/ПХДФ) и полихлорированных бифенилов (ПХБ)**

Как ранее указывалось, ПХДД/ПХДФ и ПХБ в основном масле или остатках на предприятиях по переработке отработанных масел имеют источником загрязненные отработанные масла. Следовательно, единственной основной мерой по сокращению эмиссий ПХДД/ПХДФ и ПХБ на таких предприятиях является переработка отработанных масел с низкими концентрациями ПХДД/ПХДФ и ПХБ.

Европейская ассоциация промышленности повторной очистки (Groupement Européen de l'Industrie de la Régénération; GEIR) рекомендует, чтобы при регенерации предпочтение отдавалось следующим видам отработанных масел:

- Машинное масло без хлора;
- Гидравлическое масло без хлора;
- Нехлорированные минеральные диатермические масла.

## **6. Выводы**

- Обнаружено, что отработанные масла загрязнены ПХДД, ПХДФ и полихлорированными бифенилами (ПХБ);
- В настоящее время отсутствует доказательство того, что ПХДД, ПХДФ и ПХБ вновь образуются на предприятиях по переработке отработанных масел;
- Предприятия по переработке отработанных масел являются источником распространения химических веществ, перечисленных в Приложении С, а не источником их образования;
- Отработанные масла, обрабатываемые на предприятиях по переработке отработанных масел, имеют низкое содержание ПХДД, ПХДФ, ПХБ и хлорированных добавок.

## **Ссылки на литературу**

Hagenmaier H. and H. Brunner. 1986. Bestimmung polychlorierter Dibenzodioxine und polychlorierter Dibenzofurane in Motorölen, Altölen und Zweitraffinaten. Fresenius Z. Anal.Chem.324, 23-26.

Ruiz E. 1991. "Aceites Lubricantes para Motores a Gasolina." In: *Material del Curso de Educación Continuada: Fundamentos Básicos de Lubricantes*. Bogotá, Colombia.