ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 55127— 2012 (CEN/TR 15508:2006)

Топливо твердое из бытовых отходов

ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА ДЛЯ СОСТАВЛЕНИЯ СИСТЕМЫ КЛАССИФИКАЦИИ

CEN/TR 15508:2006
Key properties on solid recovered fuels to be used for establishing a classification system
(MOD)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2014

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Федеральным государственным унитарным предприятием «Всероссийский научно-исследовательский центр стандартизации, информации и сертификации сырья, материалов и веществ» (ФГУП «ВНИЦСМВ») на основе собственного аутентичного перевода на русский язык европейского регионального документа, указанного в пункте 4

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 179 «Твердое минеральное топливо»

3 УТВЕРЖДЕН и ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 15 ноября 2012 г. № 911-ст

4 Настоящий стандарт является модифицированным по отношению к европейскому региональному документу CEN/TR 15508:2006 «Топливо твердое из бытовых отходов. Основные свойства для составления системы классификации» (CEN/TR 15508:2006 «Key properties on solid recovered fuels to be used for establishing a classification system») путем изменения отдельных фраз, слов, значений показателей, ссылок, которые выделены в тексте курсивом

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Правила применения настоящего стандарта установлены в ГОСТ Р 1.0—2012 (раздел 8). Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (gost.ru)

© Стандартинформ, 2014

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

Введение IV
1 Область применения 1
2 Обзор практических данных 1
3 Обзор качеств вторичного твердого топлива из бытовых отходов 3
4 Общий обзор систем качества для твердого топлива из бытовых отходов (только для выбранных свойств) 4
5 Классы 6
Приложение А (справочное) Основные технологии и распределение тяжелых металлов 15
Приложение Б (справочное) Коэффициент переноса 19
Приложение В (справочное) Выбор единиц измерения 20
Приложение Г (справочное) Максимально возможные концентрации тяжелых металлов в твердом топливе из бытовых отходов 22
Приложение Д (справочное) Анализ и оценка данных по Hg и Cd в твердом топливе из бытовых отходов 25
Приложение Е (справочное) Обзор вторичного топлива и качества твердого топлива из бытовых отходов 40
Приложение Ж (справочное) Тяжелые металлы в твердом топливе из бытовых отходов 44
Приложение И (справочное) Границы классов 50
Приложение К (справочное) Таллий в твердом топливе из бытовых отходов 54
Библиография 55

Введение

Поиск альтернативных видов топлива энергоемкими отраслями обуславливается возможностью сохранения основных видов топлив и обеспечения таким образом устойчивого развития промышленности и экономики.

Сектор промышленности по обращению с отходами за много лет разработал рациональные пути производства вторичного топлива, например, твердого топлива из бытовых отходов стабильного качества, которое успешно применяется для решения экономических и экологических проблем.

Однако этот путь восстановления топлива не оптимизирован из-за существования ряда нерешенных практических задач:

- трансграничное регулирование и проблемы создания рынка твердого топлива из бытовых отходов;
- неточная классификация твердого топлива из бытовых отходов в перечне отходов;
- нестабильность качества некоторых видов твердого топлива из бытовых отходов;
- отсутствие проверенных данных о влиянии на процессы и установки.

В связи с этим было принято решение о разработке ряда стандартов на твердое топливо из бытовых отходов, произведенное из неопасных отходов, в том числе, стандарты, описывающие систему классификации, классы и характеристики.

Настоящий стандарт описывает технический подход, основанный на изучении процессов, осуществляемых конечными пользователями, которые были определены как (потенциально) заинтересованные, имеющие право на использование твердого топлива из бытовых отходов, имеющие практический опыт производства твердого топлива из бытовых отходов.

Твердое топливо из бытовых отходов может быть использовано только в установках, в которых соблюдаются предельные значения параметров сжигания отходов. Настоящий стандарт разработан для установления характеристик, определяемых в твердом топливе из бытовых отходов, для обеспечения соответствия критериям сжигания отходов и техническим требованиям установок сжигания.

Система классификации, классы и характеристики, которые представлены в этом стандарте, должны быть полезны руководящим органам, конечным пользователям для облегчения понимания, что следует учитывать при рассмотрении твердого топлива из бытовых отходов, и должны повышать положительное общественное восприятие при использовании твердого топлива из бытовых отходов за счет экономии природных ресурсов. Например, около 50 % потребления основных видов топлива в цементных печах и большая часть каменного угля и лигнитов для энергетической промышленности могут быть заменены отходами. Потенциал получения твердого топлива из бытовых отходов по состоянию на 2005 г. оценивается более чем в 10 млн т [1], что соответствует снижению выделения CO_2 более чем на 10 млн т/год.

Следует отметить, что стандартизация касается больших потоков твердого топлива из бытовых отходов. Это не исключает возможности использования альтернативных видов топлива с другими предельными значениями или характеристиками, чем описанные в настоящем стандарте. В этом случае топливо из отходов не будет стандартизовано.

Отбор проб для классов и характеристики: система классификации — это действительная для всех видов пользователей система классов с предельными значениями. Характеристики затрагивают конкретную информацию, касающуюся потенциальных рисков для различных технологий или заводов. Реализация такой системы должна облегчить трансграничные перевозки, выдачу разрешений и контроль для пользователей стандартизованного твердого топлива из бытовых отходов.

Были определены ключевые свойства, которые будут использоваться для установления классификации и системы характеристик для твердого топлива из бытовых отходов (см. таблицу 1). Эти свойства имеют большое значение для одного или нескольких из этих аспектов: экономика (NCV), технология (Cl) и выбросы (Hg и Cd). Хлор имеет большое значение из-за коррозионной способности, приводящей к зашлаковыванию и засорению котлов. Считается, что следует рассматривать содержание, как кадмия, так и таллия. Однако концентрация таллия в твердом топливе из бытовых отходов практически равна нулю (см. приложение А), применять концентрацию этого элемента в качестве экологического параметра не имеет смысла.

Таблица 1 — Ключевые комбинации свойств и аспектов

Свойства	Ключевые аспекты
NCV	Экономика
Cl[a]	Технология
Hg + Cd	Выбросы

[a] Cl может влиять на выбросы HCl и некоторых тяжелых металлов в виде хлоридов. Однако этот эффект незначителен. Влияние на образование PCDD и PCDF нежелательно в условиях процесса на угольной электростанции и цементной печи.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Топливо твердое из бытовых отходов

ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА ДЛЯ СОСТАВЛЕНИЯ СИСТЕМЫ КЛАССИФИКАЦИИ

Solid recovered fuel. Key properties for establishing a classification system

Дата введения — 2014—07—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает общую информацию о ключевых свойствах твердого топлива из бытовых отходов, используемых для составления системы классификации.

2 Обзор практических данных

2.1 Требования потребителей

2.1.1 Общие сведения

В настоящее время основной конечный пользователь твердого топлива из бытовых отходов — цементная промышленность. Но и в печи для обжига извести данный тип топлива успешно использовался в течение многих лет. Поскольку технология цементных печей и печей для обжига извести очень похожи, в настоящем стандарте описана в основном только цементная печь. Тем не менее, возрастают потенциальные возможности твердого топлива из бытовых отходов в большем секторе рынка энергетики. Одним из секторов, который может стать существенным потребителем твердого топлива из бытовых отходов, является когенерационная ТЭЦ (централизованное теплоснабжение) [1]. Основные технологии, используемые в цементных печах, — это распыление топлива в угольных электростанциях и FBC (сжигание в кипящем слое). См. также приложение А.

2.1.2 Производство цемента

Цементная промышленность имеет большой опыт использования топлива из отходов. Опасные и неопасные отходы обрабатываются и используются в качестве вторичного топлива или смеси вторичного топлива и сырья. Первоначально замена первичного топлива практиковалось в мокрых процессах, которые имеют более высокие удельные расходы энергии по сравнению с доминирующими сухими процессами производства клинкера. Но использование топлива из отходов, в том числе твердого топлива из бытовых отходов, также растет в сухом процессе. Cl может вызвать существенные проблемы в сухом процессе, блокируя подогреватель сгущением летучих хлоридов. Использование так называемого солевого байпаса увеличивает допускаемое значение Cl во входном материале. В таблице 2 приведены требования к твердому топливу из бытовых отходов.

Таблица 2 — Характеристики

Параметры	Единицы измерения	СК
NCV	МДж/кг или %	от 5/10 до 12/22[a] (среднее значение)
Cl[b]		от 0,5 до 1,0 (среднее) от 1 до 3,0 (максимум)
СК = цементная печь или котельная печь.		

Издание официальное

Окончание таблицы 2

[a] Не существует максимального значения для NCV. Сочетание совместного восстановления материалов и энергии в котельной печи позволяет использовать низкую теплотворную способность из-за того, что зольность твердого топлива из бытовых отходов не способствует входу энергии.

[b] Классификация хлора зависит от состава на входе. При высоких темпах вытеснения пределы в диапазоне 3 % для цементных печей с байпасом (в зависимости от содержания K, Na), а для котла без этой системы от 0,5 % до 1,0 %. Для цементного котла с мокрым процессом максимальное содержание Cl — 6 %.

2.1.3 Угольные электростанции

Опыт энергетических заводов, использующих твердое топливо из бытовых отходов, ограничивается несколькими заводами в Германии и Нидерландах, которые используют его с 2000 г., но все еще в небольших масштабах.

В секторе производства электроэнергии преобладают угольные электростанции пылевидного сжигания. Технологии с его применением отличаются от технологий для бурого угля и антрацита, так как эти угли имеют весьма различные значения теплотворной способности и свойства материала. Антрацитные электростанции, использующие котлы с сухим дном (DBB), имеют меньшую гибкость по отношению к форме и размерам твердого топлива из бытовых отходов, чем система расплавленного шлака в котле с мокрым дном (WBB) с циклонами. В таблице 3 указаны требования к твердому топливу из бытовых отходов.

Таблица 3 — Характеристики

Параметры	Единицы измерения	Каменный уголь DBB	Каменный уголь WBB	Бурый уголь DBB
NCV	МДж/кг	13,5 (среднее) 11—18 (диапазон)	17 (среднее) 13—22 (диапазон)	13,5 (среднее) 11—18 (диапазон)
Cl[a]	% (сух)	0,6 (среднее) 1,3 (максимум)	1,1 (среднее) 2,5 (максимум)	0,5 (среднее) 0,6/1,0 (максимум)[b]

DBB = уголь для пылевидного сжигания в котле с сухим дном, сухая зола.

WBB = уголь для пылевидного сжигания в котле с влажным дном, расплавленный шлак.

[a] Концентрация хлора во всей топливной смеси должны сохранять от < 0,2 % до 0,4 % для предотвращения высокотемпературной коррозии. Максимально допустимая концентрация Cl % зависит от выбранных конструкции и материала. В Нидерландах, как правило, максимум 0,2 %. В Великобритании максимум выше (0,4 %), так как заводы сконструированы для угля с высоким содержанием хлора.

[b] Максимальные значения различны для разных компаний. Среднее и максимальное значения близкие для конкретных конечных пользователей.

2.1.4 Сжигание в псевдоожиженном слое

Сжигание в псевдоожиженном слое (FBC), т. е. использование для централизованного теплоснабжения, производится в Скандинавии и ТЭЦ с преимущественным использованием биотоплива. Таблица 4 показывает требования к твердому топливу из бытовых отходов. Эти данные основаны на данных конечных пользователей в Швеции, Италии и Германии.

Таблица 4 — Характеристики

Параметры	Единицы измерения	Сжигание в псевдоожиженном слое
CV	МДж/кг	13,5 (среднее) от 9 до 18 (диапазон)
Cl[a]	%	0,4 (среднее) 0,5/0,8/1,4 (максимум)

[a] Максимально допустимая концентрация хлора зависит от конструкции завода и состава вводимого материала. Среднее и максимальное значения приближены к конкретным конечным пользователям.

2.1.5 Обзор

Таблица 5 — Обзор характеристик (конечных пользователей)

Параметры	Единицы измерений	Цемент	Каменный уголь DBB	WBB	Бурый уголь DBB	FBC	FBC (AC)[a]
NCV	МДж/кг среднее/макс.	5/11/22 (среднее)	13,5/18	17/22	13,5/18	13,5/18	13,5/18
Cl	% среднее/макс.	от 0,5 до 1,0/3	0,5/1,0	1,0/2,0	от 0,4/0,5 до 0,7	0,4/1,4	0,4/1,4
[a] AC: активированный уголь используется как абсорбент.							

2.2 Ориентировочные значения ртути и кадмия

Выбросы тяжелых металлов являются важной темой на рынке развития твердого топлива из бытовых отходов. Значения, указанные в Приложении Г, являются только ориентировочными. Фактический уровень выбросов определяют исходя из топливной смеси, сырья и специфических факторов завода. Характеристики, предоставляемые потенциальными производителями и пользователями, часто зависят от местных предельных значений. Это не является существенной основой для составления системы классификации. Но при помощи практических данных о факторах передачи (см. приложение Б, справочная информация) и значения WID для некоторых технологий максимальная концентрация в твердом топливе из бытовых отходов может быть рассчитана по формуле, описанной в Приложении В.

Таблица 6 — Обзор рассчитанных ориентировочных значений ртути и кадмия

Параметры	Единицы измерения	Цемент	Каменноугольная электростанция		Буроугольная электростанция	FBC	FBC(AC)[a]
			DBB	WBB			
Hg	мг/Мдж (макс)	0,08 — 0,33	0,065	0,034	0,085	0,028	0,26
Cd		6,90	1,21	0,25	0,42	0,63	85
[a] AC: активированный уголь используется как сорбент.							

Значения ртути и кадмия, используемые в технологическом процессе, следует принимать как максимальное среднее (см. также Д.1.3), используя коэффициент переноса, принятый в приведенном выше примере для использования отходов в качестве топлива. Важно, что каждый завод, который планирует использовать вторичное топливо, сначала проводит исследования для определения коэффициента переноса для каждого металла. Результаты показывают существенные различия между используемыми процессами и технологиями. Поэтому из-за различий в коэффициентах переноса выбор технологии сжигания зависит от типа топлива.

3 Обзор качества вторичного твердого топлива из бытовых отходов

Таблицы с 7 по 10 дают обзор состава вторичных видов топлива. Эти данные основаны на анализе топлива, выпускаемого в нескольких странах — членах ЕС. См. также Приложение Е.

Твердое топливо из бытовых отходов, полученное из муниципальных твердых отходов, в целом имеет более низкое значение NCV, чем твердое топливо из бытовых отходов из отдельных коммерческих отходов, которые имеют диапазон, соответствующий NCV из смеси биомассы и пластмасс. Максимальное содержание ртути в твердом топливе из бытовых отходов, полученном из муниципальных твердых отходов, выше. Твердое топливо из бытовых отходов, производящееся для цементных печей, проявляет большой диапазон всех свойств, что указывает на их гибкость.

На вторичные топлива, используемые в цементных печах, часто оказывает влияние замена сырья. Поэтому твердое топливо из бытовых отходов представлено в двух категориях: с низкой зольностью и с высокой зольностью. Твердое топливо из бытовых отходов с высокой зольностью имеет низкое значение содержания NVC. Этот показатель оказывает прямое влияние на значения содержания Hg, включая единицы измерения мг/МДж (см. таблицу 7).

Таблица 7 — Обзор твердого топлива из бытовых отходов с низкой и высокой зольностью

Характеристики		Топливо твердое из бытовых отходов с низкой зольностью[a]		Топливо твердое из бытовых отходов с высокой зольностью[a]	
Параметры	Единицы измерения	Средний диапазон	80-процентильный диапазон	Средний диапазон	80-процентильный диапазон
NCV	МДж/кг	11,7—25,5	12,8—25,8	3,2—10	3,4—12,0
Cl	%	0,04—1,7	0,07—2,0	0,07—0,77	0,14—0,82
Hg	мг/МДж	0,004—0,042	0,005—0,137	<0,05—0,406	0,064—0,781
Cd+Tl	мг/МДж	0,008—0,121	0,008—0,264	0,26—<0,93	0,26—0,94
[a] Граница 20 %. Смотри также приложение Ж для определения максимальных значений тяжелых металлов.					

Таблица 8 — Обзор твердого топлива из бытовых отходов, поставляемых из муниципальной сферы

Параметры	Единица измерения	Средний диапазон	80-процентильный диапазон
NCV	МДж/кг	9,8—19,9	11,4—22,2
Cl	%	0,23—0,79	0,43—0,88
Hg	мг/МДж	0,006—0,069	0,009—0,079
Cd+Tl	мг/МДж	0,050—0,311	0,084—0,380

Таблица 9 — Обзор твердого топлива из бытовых отходов, полученных из коммерческих отходов

Параметры	Единица измерения	Средний диапазон	80-процентильный диапазон
NCV	МДж/кг	13,0—31,0	14,0—31,6
Cl	%	0,04—0,60	0,07—1,0
Hg	мг/МДж	0,004—0,019	0,005—0,064
Cd+Tl	мг/МДж	0,008—0,060	0,008—0,129

Таблица 10 — Обзор твердого топлива из бытовых отходов, произведенного для цементных печей

Параметры	Единица измерения	Средний диапазон	80-процентильный диапазон
NCV	МДж/кг	3,2—25,5	3,4—25,8
Cl	%	0,07—1,7	0,14—2,0
Hg	мг/МДж	<0,02—0,406	<0,02—0,781
Cd+Tl	мг/МДж	<0,12—<0,93	<0,12—0,94

4 Общий обзор систем качества для твердого топлива из бытовых отходов (только для выбранных свойств)

Таблица 11 — Общий обзор национальных стандартов

Характеристики		Финляндия			Германия		Италия		
Параметры	Ед. изм.	Класс 1	Класс 2	Класс 3	Среднее	80-процентильное	Ед. изм	Стандарт	Высок. кач
NCV	—	—	—	—	—	—	МДж/кг	>15	>19
Влага	—	—	—	—	—	—	%	<25	<15

Окончание таблицы 11

Характеристики		Финляндия			Германия		Италия		
Параметры	Ед. изм.	Класс 1	Класс 2	Класс 3	Среднее	80-процентильное	Ед. изм.	Стандарт	Высок. кач.
Зольность	—	—	—	—	—	—	%	<20	<15
Cl	%	<0,15	<0,5	<1,5	—	—	%	<0,9	<0,7
Hg	мг/кг	<0,1	<0,2	<0,5	0,6	1,2	мг/кг	<7[c]	<1
Cd+Tl	мг/кг	<1,0	<4,0	<5,0	5	11	мг/кг	—	<4
Сумма НМ	мг/кг	—	—	—	351[a]/ 11049[b]	1080[a]/ 2460[b]	—	<1040	<350

Примечания

1 — Финляндия: Таллий и NCV не упоминаются. Используют 20 МДж/кг диапазон для расчета и 15 % влаги.

2 — Германия: [a] твердое топливо из бытовых отходов, производимое из неопасных отходов, [b] твердое топливо из бытовых отходов, получаемое из MSW. В действительности не существует 80-процентильного значения для Cu (твердое топливо из бытовых отходов из производства конкретных отходов, класс 1) и Pb + Cu (твердое топливо из бытовых отходов из HCF и MSW, класс 2). Согласно последней полученной информации эти значения будут, вероятно, равны 500 (Cu), 500 (Pb) и 1000 (Cu) соответственно.

Показатели NCV для тяжелых металлов выше 16 МДж/кг для видов топлива класса 2 и 20 МДж/кг для класса 1. Использование 15 МДж/кг и содержание влаги 15% для расчета для класса 2 и 20 МДж/кг и содержание влаги 15% для класса 1.

3 — Италия: НМ Sb, Co и V не определяются. Значение NCV минимальное. Значение содержания меди относится к растворимым компонентам. Значение содержания Pb относится к летучей фракции. Для расчета используют минимальное значение NCV (в расчете на сухое вещество). Значение для стандарта качества в таблице для концентрации Hg[c] — сумма Cd и Hg.

4 — До реализации национальных стандартов производители твердого топлива из бытовых отходов разработали свои собственные системы качества [1].

Таблица 12 — Общий обзор стандартов, адаптированных и существующих в универсальных единицах

Характеристики		Финляндия			Германия[a]		Италия	
Параметры	Ед. изм.	Класс 1	Класс 2	Класс 3	Среднее	80-процентильное	Стандарт	Высок. кач.
NCV	МДж/кг	—	—	—	—	—	>15	>19
Влага	%	—	—	—	—	—	<25	<15
Зольность	%	—	—	—	—	—	<15	<13
Cl	%	<0,13	<0,42	<1,3	—	—	<0,9	<0,7
Hg	мг/кг	<0,005	<0,01	<0,025	<0,026/ 0,034	<0,051/ 0,068	<0,35[b]	<0,045
Cd+Tl	мг/кг	<0,05	<0,2	<0,2	<0,17/ 0,23	<0,38/ 0,51	—	<0,180
Сумма НМ	мг/кг	—	—	—	<14,9/ 59,4	<45,9/ 139,4	<52[c]	<15,6[c]

Примечания:

[a] — Различные значения для твердого топлива из бытовых отходов, произведенного из конкретных видов отходов, (первый показатель) и твердого топлива из бытовых отходов, произведенного из MSW, (второй показатель).

[b] — Cd + Hg. Не существует отдельного показателя для этого качества в итальянском стандарте, см. также примечание 3 к таблице 11.

[c] — Суммарные свойства не включают некоторые НМ, см. также примечание 3 к таблице 11.

5 Классы

5.1 Введение

Классификацию определяют как «группирование твердого топлива из бытовых отходов в классы при помощи определения граничных значений для выбранных характеристик топлива, которые будут использоваться для торговли, а также для информирования органов, выдающих разрешения и других заинтересованных сторон». Первоначально были приняты 7 свойств для характеристики твердого топлива из бытовых отходов: NCV, зольность, содержание влаги, Cl, Hg, Cd + Tl, сумма тяжелых металлов. В последствии количество ключевых свойств было сокращено с 7 до 3 (таблица 13). Главным аргументом является сложность классификации по столь большому количеству свойств. Выбранные свойства представляют следующие аспекты: экономическое значение (NVC), технологические ограничения (Cl) и воздействие на окружающую среду (Hg).

В итоге была принята структура для характеристики классов ТТБО для каждого из трех выбранных характеристик топлива, отраженная в таблицах 13 и 14.

Таблица 13 — Классы ТТБО

Свойство для классификации	Обозначение	Ед. измер.	Классы				
Низшая теплота сгорания	NCV	МДж/кг	1	2	3	4	5
			<10	<15	<20	<25	>25
Содержание хлора	Cl	%	1	2	3	4	5
			<0,3	<0,6	<0,9	<3,0	>3,0
Содержание ртути	Hg	мг/кг	1	2	3	—	—
			<x	<y	<z	—	—

Таблица 14 — Классы твердого топлива из бытовых отходов

Свойство для классификации	Обозначение	Ед. измер.	Классы				
Низшая теплота сгорания (NCV)	qp, net	МДж/кг средн.	1	2	3	4	5
			25 < x ≤45	20 < x ≤ 25	15 < x ≤ 20	10 < x ≤ 15	3 < x ≤ 10
Содержание хлора	Cl	% медиана	1	2	3	4	5
			y ≤ 0,1	0,1 < y ≤ 0,5	0,5 < y ≤ 1,0	1,0 < y ≤ 1,5	1,5 < y ≤ 6,0
Содержание ртути	Hg	мг/МДж медиана 80-процентильное	1	2	3	4	5
			<0,02	<0,03	<0,08	<0,15	<0,5
			<0,04	<0,06	<0,16	<0,30	<1,0

5.2 Обсуждение

5.2.1 Единицы измерения

Для NCV и Cl предпочтительными являются обычные единицы измерения для классификации. В приложении *В* сделан вывод о том, что предпочтительной единицей NCV является МДж/кг. На практике для Cl единицей может быть w% на рабочее или сухое состояние топлива. Единица измерения w% на сухое состояние топлива была выбрана из практических соображений, так как информация обычно представлена на сухое вещество. Однако в случае Hg единицей измерения выбран мг/МДж, в отличие от обычного мг/кг в связи с сопоставимостью и экологическими аспектами.

5.2.2 Использование средних, медианных и 80-процентильных значений

Статистические распределения данных для NCV, Cl и Hg различны.

Для NCV распределение является нормальным. В этом случае используют соответствующее среднее значение (см. также Приложение Е).

Для Cl распределение, как правило, нормальное, но может быть также искажено (см. также Приложение Е). В расчетах для классификации предполагалось нормальное распределение. Поэтому единицы для Cl в таблице 14, в % (на сухое состояние топлива) средние вместо % медианы.

В большинстве случаев Hg имеет правое несимметричное распределение (см. Приложение Д). Это влияет на определение средних и максимальных значений. Среднее значение предпочтительно при измерении локализации из-за своей надежности и не зависит от типа распределения. Для тех случаев, когда требуется максимальное значение, предпочтительно 80-процентильное. Сочетание среднего и 80-процентильного значений является подходящим инструментом для оценки подхода по 10 данным, используемым в классификации. Следовательно, высокие значения возможны только как отдельные выбросы, которые не учитываются при расчете выбросов.

5.2.3 Перекрытие классов

Обособленные классы, не имеющие перекрывающихся областей между классами, предпочтительны. В тех случаях, когда установлено максимальное значение класса (Hg), возможно классифицировать топливо в один класс. Однако при установленном минимуме и максимуме класса (как это было предложено для NCV и Cl) существуют твердые топлива из бытовых отходов, классификация которых будет различной (см. Приложение Е). В соответствии с подходом, применяемым к Hg, для классификации NCV и Cl используют наборы из 10 данных, для которых рассчитывают 95%-й доверительный интервал для среднего значения. Для классификации использовали минимальное (NCV) или максимальное значения (Cl) доверительных интервалов (диапазонов).

5.2.4 Границы классов для NCV

На основе свойств твердого топлива из бытовых отходов и требований пользователей были установлены границы по NCV. Для многих целей показатель NCV должен быть в пределах 10 МДж/кг — 15 МДж/кг. Есть также группы с показателями примерно 5 МДж/кг, с одной стороны, и 22 МДж/кг, с другой стороны. Ширина класса для NCV была принята равной 5 МДж/кг. Класс 5 имеет минимум, равный 3 МДж/кг, который относится к расчетам на основе адиабатической температуры пламени и опыта использования твердого топлива из бытовых отходов с высокой зольностью и высоким содержанием воды в цементных печах (см. также Приложение Е). Максимум, установленный на уровне 45 МДж/кг, является реалистичным максимумом для твердого топлива из бытовых отходов. С учетом использования для классификации минимального значения (5.2.3) классы будут такими, как показано в таблице 15.

5.2.5 Границы классов для Cl

Значения для Cl относятся к свойствам твердого топлива из бытовых отходов и требованиям пользователей. Для многих целей содержание Cl должно быть ниже 0,5 % или между 0,5 % и 1,0 %. В котлы можно загружать топливо с содержанием Cl до 0,3 % без ограничений. Было принято решение о максимуме содержания хлора равном 6 %. На практике максимальное значение для твердого топлива из бытовых отходов находится в тех же пределах, что и для АТЗ 3,65 % (средний + 1,96 на станд. откл.). Максимум (около) 3 % представляется более целесообразным для того, чтобы отличить твердое топливо из бытовых отходов от других видов топлива из отходов. Максимум для 1-го класса, указанный в решении рабочей группы, кажется слишком низким, чтобы быть практически применимым для надежной классификации, и позволяет классифицировать лишь некоторые виды твердого топлива из бытовых отходов. Максимум, равный 0,2 %, гарантировал бы более стабильную классификацию. То же самое касается максимума класса 2, где было установлено максимальное значение 0,6 %. С учетом максимальных значений для классификации (5.2.3) предлагаемые классы будут такими, как показано в таблице 15.

Таблица 15 — Предполагаемые классы по содержанию NCV и Cl[a]

Свойство классификации	Обозначение	Единицы измерения	Классы				
			1	2	3	4	5
Низшая теплота сгорания (NCV)	qp,net	МДж/кг среднее	x ≥ 25	x ≥ 20	x ≥ 15	x ≥ 10	x ≥ 3
Содержание хлора	Cl	% (сух) среднее	y ≤ 0,2	y ≤ 0,6	y ≤ 1,0	y ≤ 1,5	y ≤ 3,0
[a] Основано на наборе из 10 данных.							

В таблице 16 приведен обзор классификации твердого топлива из бытовых отходов, описанной в приложении Е.

Таблица 16 — Классификация твердого топлива из бытовых отходов[a] для NCV и Cl

Обозначение ТТБО	NCV					Cl				
	Кл 1	Кл 2	Кл 3	Кл 4	Кл 5	Кл 1	Кл 2	Кл 3	Кл 4	Кл 5
AT 1				1					1	
AT 2					1				1	
AT 3					1			n.d.		
AT 4				1				1		
B 1		1							1	
B 2	1								1	
B 3				1			1			
B 5			n.d.							1
B 6				1			1			
B 7					1			1		
B 8	1									1
FIN 1				1			1			
GE 1		1						1		
GE 2				1				1		
GE 3				1			1			
GE 4							1			
IT 1			1						1	
IT 3			1					1		
N 1				1		1				
N 2				1			1			
N 3				1			1			
NL 1			1					1		
NL 2				1				1		
NL 3				1				1		
NL 4					1			1		
SE 1				1		1				
SE 2				1		1				
SE 3			1				1			
SE 4				1			1			
Σ	2	2	4	15	4	3	9	9	5	2

[a] Основано на наборах из 10 данных и данного минимума для низшей теплоты сгорания и данного максимума содержания хлора для классов.

n.d.: класс не может быть определен, так как значения показателей выходят из диапазона классификации.

5.2.6 Границы классов для Hg

Технология основных пользователей твердого топлива из бытовых отходов была исследована относительно наличия тяжелых металлов во входящем и выходящем потоках. Для расчета максимально возможных концентраций могут быть использованы разработанные коэффициенты переноса. Основу для этих расчетов составили предельные значения европейской Директивы сжигания отходов. Макси-

мальное значение ртути варьируется от 0,028 мг/МДж для FBC до 0,33 мг/МДж для цементных печей, что предполагает 100 %-ную загрузку печи твердым топливом из бытовых отходов.

Тем не менее, эти максимумы могут быть препятствием для использования топлива, например, когда для цементных печей оно сделано из осадка сточных вод и фильтрованного жмыха.

На практике преобладает топливная смесь, но нет предельно допустимой концентрации по одному из компонентов. Максимальный предел для концентрации ртути в твердом топливе из бытовых отходов связан с максимально допустимым значением для смешанных отходов (от 5 мг/кг и до 10 мг/кг) и минимальным NCV, что дает на практике округленное значение 1 мг/МДж для 80-процентильного значения (см. также Приложение Е).

Для достаточно однородного твердого топлива из бытовых отходов среднее значение содержания ртути оказывается равным около 50% от 80-процентильного значения твердого топлива из бытовых отходов. Это явление было использовано в классификации.

Границы классов были выбраны с учетом свойств твердого топлива из бытовых отходов, с одной стороны, и потребностей пользователей, с другой стороны. Это привело к образованию 5 классов по Hg, указанных в таблице 17. Наивысший класс принят для твердого топлива из бытовых отходов, созданного на основе, например, сточных вод и фильтрованного жмыха (см. также Приложение Е).

Таблица 17 — Предполагаемые классы по ртути[a]

Свойства классификации	Обозначение	Ед. измерения	Классы				
Ртуть	Hg	Мг/МДж	1	2	3	4	5
		среднее	≤0,02	≤0,03	≤0,08	≤0,15	≤0,50
		80-процентильное	≤0,04	≤0,06	≤0,16	≤0,30	≤1,00
[a] Значения ссылаются, как минимум, на 10 анализов.							

Обзор классификации твердого топлива из бытовых отходов показан в таблице 18. Есть два метода, которые могут быть использованы для классификации. Когда доступны более 10 анализов, может быть применено так называемое правило 50 %. В этом случае среднее и 80-процентильное значения анализов должны соответствовать 50 % от границ класса. Если доступны более 40 анализов, может быть использован генератор случайных значений (см. Д.1.5), который случайным образом выбирает наборы из 10 анализов из всего набора данных. Если доля отобранных данных составляет > 95 % от класса, твердое топливо из бытовых отходов соответствует данному классу. Результаты, полученные с помощью генератора случайных чисел, стремятся к тем же или более низким классам, чем результаты, полученные с помощью правила 50 %, которое должно приводить к заниженному приближению (отмечены курсивом с затенением). Существует только одно исключение АТ 2, которое может быть из-за экстремальных колебаний в смеси, состоящей на входе фракций MSW и ила.

Таблица 18 показывает, что примерно треть результатов классов, полученных генератором случайных анализов, выше, чем при среднем и 80-процентильном значениях полного набора данных (столбец набора данных). Использование только 10 анализов для Hg обуславливает строгую классификацию, поскольку производитель твердого топлива из бытовых отходов, который хочет быть уверенным в достижении границ классов, будет предельно «использовать» 50 % от максимума класса (см. рисунок Д.5 приложения Д). Таблица 18 показывает также, что оба метода классификации приводят к заниженным результатам по сравнению с полным набором данных (50 %-ное правило > генератор случайных > полный набор данных).

Таблица 18 — Основа классификации ТТБО по содержанию ртути

Обозначение	Правило 50 %		Правило 50 % Ср. / 80-процентильное	Генератор случайных анализов Ср. / 80-процентильное Результаты Hg>95 %	Полный набор данных Ср. / 80-процентильное
	Среднее × 0,5	80-процентильное × 0,5			
АТ 2	3	3	3	**5**	3
АТ 3	4	3	*4*	3	3

Окончание таблицы 18

Обозначение	Правило 50 %		Правило 50 % Ср. / 80-процентильное	Генератор случайных анализов Ср. / 80-процентильное Результаты Hg>95 %	Полный набор данных Ср / 80-процентильное
	Среднее × 0,5	80-процентильное × 0,5			
B 1	3	3	3	3	3
B 2	3	3	3	3	3
B 3	4	3	4		3
B 4	5	4	5		4
B 5	5	5	5	5	5
B 6	4	3	4	**4**	3
B 7	4	3	4		3
B 8	3	1	3		1
FIN 1	1	1	1		1
GE 1	1	1	1	1	1
GE 2	2	2	2	**2**	1
GE 3	3	3	3	**3**	2
GE 4	4	4	4	3	3
GE 5	5	5	5	4	4
GE 6	1	1	1	1	1
IT 1	3	3	3	**2**	1
IT 2	2	2	2		1
IT 3	3	3	3		2
N 1	1	1	1		1
N 2	1	1	1		1
N 3	3	3	3		2
NL 1	1	1	1		1
NL 2	2	2	2		1
NL 3	3	2	3	**2**	1
NL 4	5	4	5	4	4
NL 5	4	3	4		3
SE 1	1	1	1		1
SE 2	1	1	1	1	1
SE 3	2	1	2		1
SE 4	1	1	1	1	1

Курсив, затенение: заниженный класс по сравнению с генератором случайных результатов.
Полужирный шрифт: заниженный класс по сравнению с полным набором данных.

5.2.7 Границы классов для Cd

Для исследования отношений между входящими и исходящими потоками тяжелых металлов основные потребители твердого топлива из бытовых отходов используют процедуры аналогичные процедурам определения Hg. Разработанный коэффициент переноса может быть использован для расчета максимально возможных концентраций. Основу для этого расчета составляют предельные значения Директивы сжигания отходов. Максимум, основанный на 80-процентильных значениях кадмия + таллия, варьируется от 0,25 мг/МДж для WBB до 85 мг/МДж для FBC с оборудованием для очистки дымовых газов активированным углем при условии 100 % загрузки твердым топливом из бытовых отходов. Вклад таллия незначителен и не учитывается, см. приложение К.

Рассчитанный максимум для цементных печей равен 6,9 мг/МДж. Этот максимум может являться препятствием для использования в цементных печах, например, топлив, произведенных из некоторых стоков шлама и фильтрата.

На практике преобладает смесь топлива, в которой нет максимально допустимой концентрации одного из компонентов. Кроме того, максимальный предел класса 5 для концентрации Cd аналогичен ртути в твердом топливе из бытовых отходов относительно максимально допустимого значения для смешанных отходов и минимального значения NCV на практике, которое дает приближенное нижнее значение в 30 мг/МДж для 80-процентильного значения (см. также приложение Е).

Средние значения оказываются равными около 50 % от 80-процентильных значений для более гомогенизированных твердых топлив из бытовых отходов. Этот факт использован для классификации.

Границы классов были выбраны с учетом свойств твердого топлива из бытовых отходов, с одной стороны, и требований / технических возможностей пользователей, с другой стороны. Это приводит к 5 классам по Cd, что отражено в таблице 19. Наиболее высокий класс предназначен для твердого топлива из бытовых отходов, произведенного из стоков шлама и фильтрата (см. также приложение И).

Таблица 19 — Предлагаемые классы для Cd

Классификационные свойства	Обозначение	Единицы измерения	Классы[a]				
Кадмий	Cd	Мг/МДж	1	2	3	4	5[b]
		средн.	≤0,1	≤0,30	≤1,0	≤5,0	≤15
		80-процентильное	≤0,2	≤0,60	≤2,0	≤10	≤30
[a] Значения определяются, как минимум, по 10 анализам. [b] Для твердого топлива из бытовых отходов с высокой зольностью и, следовательно, более высокой долей необработанного материала при производстве в клинкерной печи с максимальной загрузкой 100 мг/кг.							

Из практических соображений используемые для классификации значения должны основываться, как минимум, на 10 последовательных анализах (включая статистическую значимость). Это число данных минимально для статистической обработки и может быть собрано в разумные сроки.

В таблице 20 представлены результаты классификации, использующие генератор случайных результатов и правило 50 %. Это правило оказывается применимым также для кадмия. По аналогии с ртутью рассчитанные классы выше или равны классам, основанным на среднем и 80-процентильном значениях полного набора данных.

Таблица 20 — Классификация твердого топлива из бытовых отходов, основанная на содержании Cd (обозначение: используется для конфиденциальности)

Обозначение	Правило 50 %		Правило 50 % Среднее/ 80-процентильное	Генератор случайных анализов Ср. / 80-процентильное Результаты Cd>95 %	Полный набор данных Ср. / 80-процентильное
	Среднее × 0,5	80-процентильное × 0,5			
AT 1	3	2	3	2	2
AT 2	3	3	3	3	3
AT 3	3	3	3	3	3
AT 4	2	2	2	1	1

Окончание таблицы 20

Обозначение	Правило 50 %		Правило 50 % Среднее/ 80-процентильное	Генератор случайных анализов Ср. / 80-процентильное Результаты Cd>95 %	Полный набор данных Ср. / 80-процентильное
	Среднее × 0,5	80-процентильное × 0,5			
B 1	1	1	1	1	1
B 2	1	1	1	1	1
B 3	3	2	3	—	2
B 4	4	3	4	—	3
B 5	4	3	4	—	3
B 6	3	2	3	—	2
B 7	3	3	3	—	3
B 8	2	2	2	—	2
FIN 1	1	1	1	1	1
GE 1	1	1	1	1	1
GE 2	1	1	1	1	1
GE 3	3	2	3	2	2
GE 4	2	2	2	1	1
GE 5	1	1	1	1	1
GE 6	1	2	2	1	1
IT 1	2	2	2	—	1
IT 2	—	—	—	—	
IT 3	2	1	2	—	1
N 1	1	1	1	—	1
N 2	1	1	1	—	1
N 3	1	1	1	—	1
NL 1	2	2	2	—	2
NL 2	1	1	1	—	1
NL 3	2	1	2	—	2
NL 4	3	2	3	2	2
SE 1	1	1	1	—	1
SE 2	1	1	1	1	1
SE 3	1	1	1	—	1
SE 4	1	1	1	1	1
Курсив, затенение: заниженный класс по сравнению с генератором случайных результатов.					

5.3 Параметр окружающей среды

Для создания одного общего экологического параметра предложено было объединить классы для Hg и Cd (и Tl). Однако добавленные значения оказались ниже, чем в классификации по Hg, или равными Cd практически во всех случаях, как показано в таблице 21. Есть только 2 исключения GE 6 и NL 1 (жирный шрифт). В обоих случаях твердое топливо из бытовых отходов было обозначено классом 2 по

Cd и классом 1 по Hg. GE 6 имеет более высокий класс по Cd, чем другие древесные отходы для производства твердого топлива из бытовых отходов N1, SE 1 и SE 2. Причиной аномалии для NL 1 может быть использование базы данных в периоды отклонений и трудности при отборе проб необработанного материала (средний размер частиц 350 мм), который может быть вызван ненормально высокими результатами и повышенным количеством выбросов с высокой концентрацией кадмия. В приложении К высказывается предположение об исключении таллия из классификации из-за незначительной концентрации, которая обычно ниже или близка к пределу обнаружения.

Таблица 21 — Обзор уровней классов по Hg — Cd с применением правила 50 %

Обозначение	Hg	Cd
AT 1	n.a.	2
AT 2	3	3
AT 3	4	3
AT 4	n.a.	2
B 1	3	1
B 2	3	1
B 3	4	3
B 4	5	4
B 5	5	4
B 6	4	3
B 7	4	3
B 8	3	2
FIN 1	1	1
GE 1	1	1
GE 2	2	1
GE 3	3	3
GE 4	4	1
GE 5	5	1
GE 6	**1**	**2**
IT 1	3	2
IT 3	3	2
N 1	1	1
N 2	1	1
N 3	3	1
NL 1	**1**	**2**
NL 2	2	1
NL 3	3	2
NL 4	5	3
SE 1	1	1
SE 2	1	1
SE 3	2	1
SE 4	1	1
Полужирный шрифт: класс по Cd > класса по Hg.		

5.4 Методы классификации

На практике методы классификации должны быть доступны и учитывать ограничения по количеству анализов или времени (по сравнению с полным набором данных или длительным периодом производства), чтобы можно было определить класс твердого топлива из бытовых отходов.

В случае Hg (Cd) может использоваться генератор случайных результатов, который моделирует случайный выбор, т. е. выбор из 10 анализов и, как упоминалось выше, соответствующие инструменты в случае более чем 40 доступных испытаний. Для того, чтобы иметь достаточно надежный инструмент при доступности более 10, но менее 40 анализов, вводится правило 50 %.

В случае NCV и Cl требуется 10 анализов для расчета среднего значения.

5.5 Рекомендации

a) рекомендованная классификация по NCV и Cl показана в таблице 15. Не возможно иметь замкнутые классы с минимальными и максимальными значениями всех параметров. Поэтому для классификации предлагаются минимальные (NCV) и максимальные (Cl) значения;

b) экологический параметр может быть охарактеризован Hg на основе фактических данных о твердом топливе из бытовых отходов без учета значений, полученных по Cd и Tl, потому что данные по Hg почти во всех случаях выше или равны номеру классификации по сравнению со значениями по Cd для тех же видов твердого топлива из бытовых отходов. Tl не влияет на классификацию Cd +Tl из-за относительно низкого значения Tl;

c) рекомендуемый экологический параметр для классификации по Hg представлен в таблице 17;

d) при более чем 10 результатах измерений Hg (каждый в количестве, указанном в системе классификации) доступная классификация может быть определена путем сравнения этих результатов 50 % пределов классов (среднее и 80-процентильное значение). Если доступны более 40 результатов измерений, классификация может быть определена путем сравнения этих результатов с пределами классов (среднее и 80-процентильное значения), использующих генератор случайных результатов и связанных с ними 10 результатов измерений. В обоих случаях должны использоваться все доступные результаты измерений в соответствии со стандартами статистических анализов;

e) соблюдение испытаний должно быть подтверждено выполнением 10 измерений. В случае NCV и Cl используют среднее значение, а в случае Hg — медианное и 80-процентильное.

Приложение А
(справочное)

Основные технологии и распределение тяжелых металлов

Схемы потоков, включенные в основные технологии, указаны на рисунках А.1 — А.7.

Распределение тяжелых металлов по исходящим потокам зависит от свойств процесса. Решающее влияние на концентрацию тяжелых металлов в необработанных газообразных продуктах горения оказывает температура сжигания. Концентрация тяжелых металлов в очищенных газообразных продуктах горения зависит от установленной системы очистки газов с использованием добавок, таких как активированный уголь, или без них.

Таблица А.1 — Температура сжигания, °С

Цемент	от 1800 до 2000
WBB	от 1400 до 1600 (каменный уголь)
DBB	от 1000 до 1400 (бурый уголь от 1000 до 1100)
FBC	900
Сжигающие уголь мусоросжигательные заводы: WBB — котел с влажным дном (расплавленный шлак, электростанция); DBB — котел с сухим дном (сухой шлак, электростанция); FBC — сжигание в кипящем слое, в основном используется для централизованного теплоснабжения.	

Условия процесса в цементных и известковых печах приводят к почти полному поглощению тяжелых металлов продуктом (шлак). Исключение составляют летучие элементы Hg и Tl, хотя по сравнению с другими технологиями перемещение в поток необработанных газообразных продуктов горения относительно небольшое.

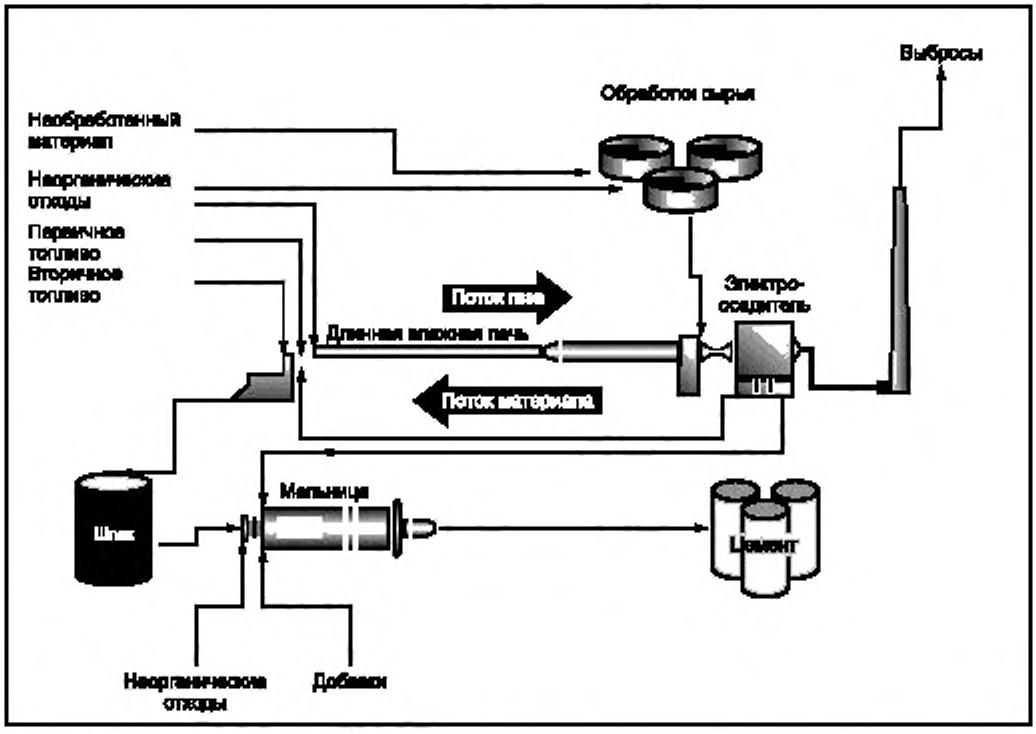


Рисунок А.1 — Путь тяжелых металлов в цементных печах без предварительного нагревания (влажный процесс)

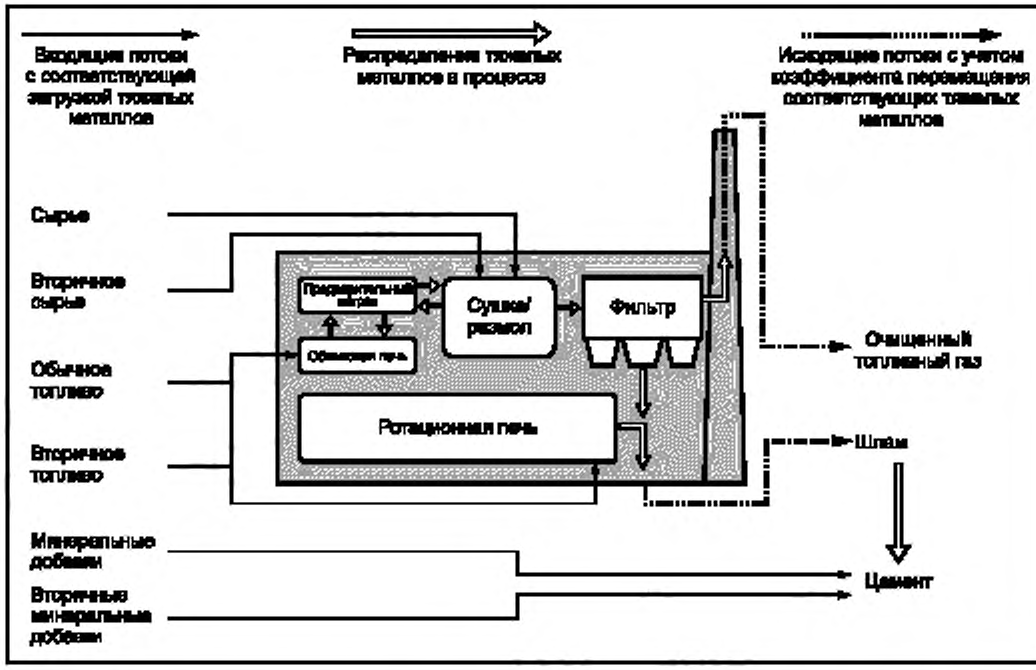


Рисунок А.2 — Путь тяжелых металлов в цементных печах с предварительным нагреванием (сухой процесс)

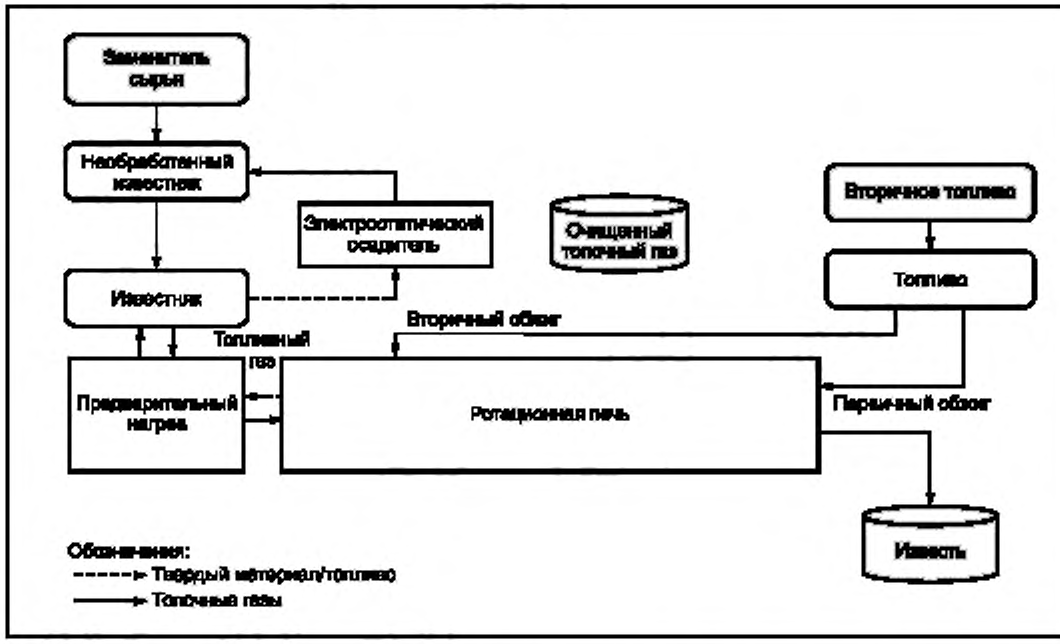


Рисунок А.3 — Путь тяжелых металлов в известеобжигательной печи с предварительным нагреванием (сухой процесс)

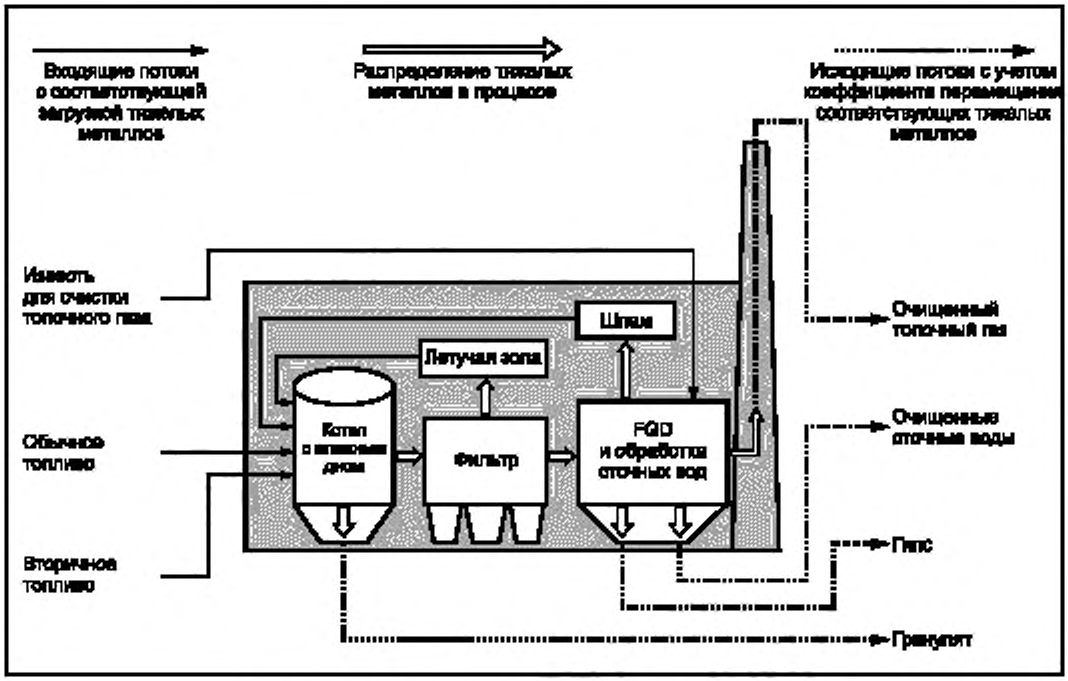


Рисунок А.4 — Путь тяжелых металлов в котлах с влажным дном

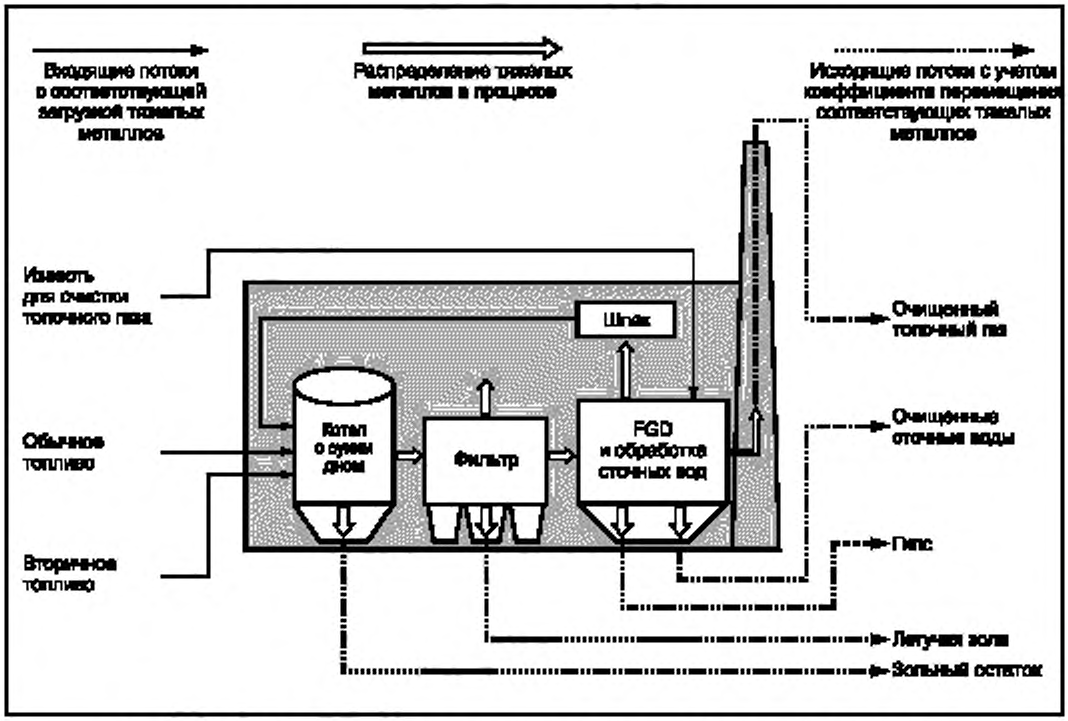


Рисунок А.5 — Путь тяжелых металлов в котлах с сухим дном (каменный и бурый уголь)

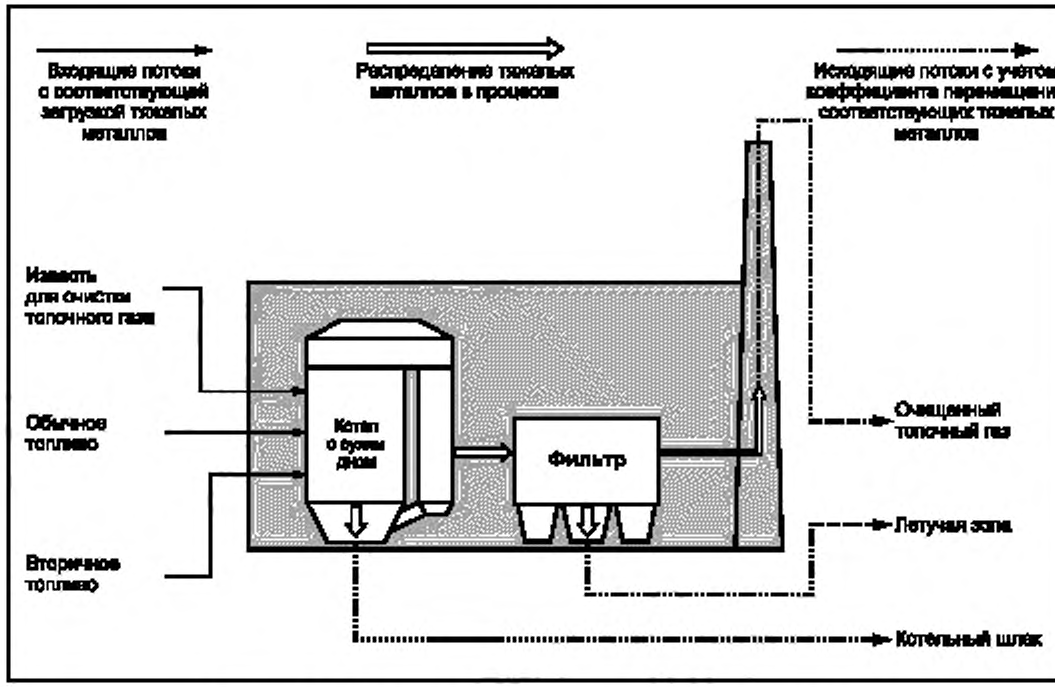


Рисунок А.6 — Путь тяжелых металлов при сжигании в кипящем слое

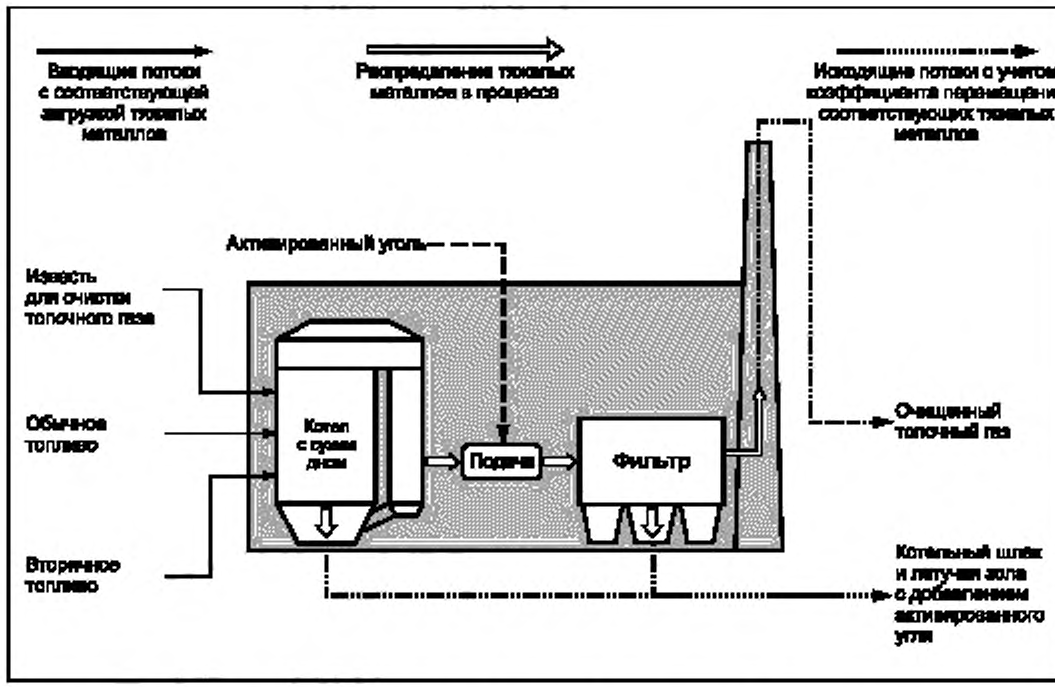


Рисунок А.7 — Путь тяжелых металлов при сжигании в кипящем слое (с активированным углем)

Приложение Б
(справочное)

Коэффициент переноса

Б.1 Использование коэффициента переноса

Анализ потоков материала (MFA) был разработан в качестве модели для входящих и исходящих потоков материала для четко определенных систем [4]. Коэффициенты переноса (TFs) были введены в 1999 г. [5]. Эти коэффициенты отражают долю входящих потоков в систему, которые заканчиваются в разных выходах. Коэффициенты переноса в возрастающей степени приняты для оценки механической обработки и термических процессов [6].

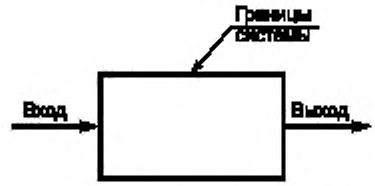


Рисунок Б.1 — Поток материала

«Коэффициент перемещения очищенных топливных газов» — доля входящего в процесс материала, который выбрасывается в воздух.

Б.2 Использование анализов потока материала

Впервые анализ потоков материала был введен в Северном Рейне-Вестфалии в качестве инструмента для оценки воздействия топлива из отходов, например твердого топлива из бытовых отходов, при совместном сжигании. Метод был введен указом в октябре 2010 г. [7]. Целью указа была оценка пригодности определенных процессов восстановления топлива из отходов с хорошо известным составом. Поэтому концентрации компонентов твердого топлива из бытовых отходов рассчитывают и сравнивают с нормами для мусоросжигательных заводов.

Обзор результатов практических показателей анализа потока материала по убыванию представлен в [8] и [10]. Результаты показывают, что промышленное совместное сжигание может быть значимой опцией для завода.

Б.3 Возможности и ограничения

Анализ потока материала предлагает возможность определения изменяющихся свойств. Следует отметить, что ртуть требует особого внимания в процессе совместного сжигания, связанном с воздушными выбросами из-за ее сильной летучести. Исследования показывают, что топливо, получаемое из отходов, должно характеризоваться своими средними значениями [9]. Соблюдение текущих значений (нормы выбросов) должно быть рассмотрено с использованием средних реальных коэффициентов переноса. Последние исследования показывают, что коэффициенты переноса могут существенно отличаться на заводах и для определенных свойств. Это означает, что технология «электростанций» не может быть адекватно описана одним коэффициентом перемещения для каждого свойства. Следовательно, коэффициенты перемещения были установлены для технических конфигураций, определенных сжиганием топлива и системой обработки газообразных отходов [10].

Приложение В
(справочное)

Выбор единиц измерения

В.1 NCV

Обычно на практике применяют единицы измерения МДж/кг (на рабочее состояние топлива), потому что эти единицы измерения используются в системе классификации.

В.2 Cl

Обычными единицами измерения являются % (на рабочее или, немного реже, сухое состояние топлива). Произвольно % на сухое состояние топлива выбран в качестве единицы измерения для применения в системе классификации.

В.3 Hg и Cd

Обычно на практике применяют единицы измерения мг/кг на сухое состояние топлива. Однако, использование этой единицы в качестве единицы измерения для системы классификации без ссылки на NCV или замены материала сырья, как это неявно сделано в стандарте, нерационально. Существует 2 случая, которые рассматриваются в настоящем стандарте: твердое топливо из бытовых отходов как топливо и твердое топливо из бытовых отходов как смесь топлива и сырья.

В.4 Твердое топливо из бытовых отходов как топливо: мг/МДж

Сочетание единиц измерения, используемых для NCV и Hg, дает характерную концентрацию мг/МДж. Эта единица измерения позволяет легко сравнить содержание Hg в различных твердых топливах из бытовых отходов. В этом случае проблемы можно избежать за счет определенного ограничения по содержанию Hg, выраженному в мг/кг, чьи концентрации в топливных газах слишком высоки при низком NCV или слишком точные при высоком NCV. В таблице В.1 приведен пример, в котором указано влияние выбранной единицы измерения на итоговые выбросы.

Используя практическую информацию о коэффициенте переноса (см. приложение Б) и показателях WID, для некоторых технологий можно рассчитать максимальную концентрацию компонентов в твердом топливе из бытовых отходов по следующим уравнениям:

$$Cm = CeVsNCV\frac{1}{TF} \quad (B.1)$$

или

$$Cs = CeVs\frac{1}{TF}, \quad (B.2)$$

где Cm — концентрация компонента в твердом топливе из бытовых отходов, мг/кг (на рабочее состояние топлива), на практике в топливной смеси;

Cs — удельная концентрация компонента в твердом топливе из бытовых отходов, мг/МДж (на рабочее состояние топлива);

Ce — концентрация объекта в газообразных выбросах, мг/м^3; используют максимальный объем из WID;

Vs — удельный объем газа, м^3/МДж (на рабочее состояние топлива);

NCV — низшая теплота сгорания, МДж/кг (на рабочее состояние топлива);

TF — коэффициент переноса, зависящий от технологии, применяемой для сжигания и обработки газа, и производительности предприятия.

Уравнение (В.2) использовали для расчета максимально возможных значений Hg в твердом топливе из бытовых отходов.

Использование коэффициента переноса и значений удельного объема газа подвергаются критике. Естественно, удельный объем газа зависит от содержания кислорода и соотношения C/H в твердом топливе из бытовых отходов. Удельный объем, используемый в разделе 2, основан на опыте работы с твердым топливом из бытовых отходов, полученным из MSW или отобранных источников коммерческих отходов. Удельный объем как функция состава топлива для электростанций варьируется от 0,584 м^3/МДж для угля (расчет основан на С и 11% O_2) до 0,577 м^3/МДж для биомассы (расчет основан на $C_2H_2O_2$ и 11% O_2), что означает 0,389 м^3/МДж для угля и 0,384 м^3/МДж для биомассы при 6% O_2. Значение, используемое для цементных заводов, основывается на опыте цементных заводов. Это значение в большей степени зависит от CO_2, получающегося при прокаливании сырья.

Эти результаты позволили выяснить, что предполагаемое упрощение значений удельного объема газа целесообразно.

Изменения коэффициента переноса отражены в [10]. Данные по Hg получены на основании информации заводов WBB, DBB и бурого угля, результатом этих ссылок является суммарная таблица Б.1 в приложении Б.

В.5 Твердое топливо из бытовых отходов частично как сырье: мг/МДж и мг/кг

Для сырья, содержащего твердое топливо из бытовых отходов с высокой зольностью, приемлема скидка. Существует возможность сохранения тех же единиц измерения для установления пределов, основывающихся на наименьших значениях низшей теплоты сгорания, используемых на практике, и максимально допустимого содержания ртути в операциях смешивания. Это означает, что единицами измерения, используемыми в классах, остаются мг/МДж с максимумом для данного класса, с наиболее высокими значениями, опирающимися на максимально допустимое значение для смешивания.

Таблица В.1 — Результат классификации топлива по загрязнению, выраженному в различных единицах измерения

Материал, молекулярная структура	Зольность (инертная)	Влага	Состав высушенной органической фракции				q_{net}	Объем дымовых газов[a]		Допущения в ограничениях по металлу во входящем топливе и расчет конечных выбросов[b]	
			C	H	N	O				0,4 мг/кг	0,03 мг/МДж
	%	%	%	%	%	%	МДж/кг	$м^3$/кг	$м^3$/МДж	мг/$м^3$	мг/$м^3$
Целлюлоза, $(C_6H_{10}O_5)_n$	0 11	0	44,4 39,5	6,2 5,5	— —	49,4 44,0	16,1	9,1	0,565	0,044	0,053
Уголь (Польша)	0 11	—	82,0 73	5,3 4,7	1,1 1,0	10,2 9,1	—	—	—	—	—
Полиэтилен $(CH_2)_n$	0 11	0	86 85,1	14 12,5	— —	— —	43,0	24,2	0,563	0,016	0,053
Возможность расширения за счет «реальных» влажных материалов, используемых в качестве топлива	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

[a] 11 % избыток кислорода в топливном газе.

[b] Металл (Me), для которого коэффициент перемещения принят равным 100, т.е. весь металл переходит в выбросы.

Приложение Г
(справочное)

Максимально возможные концентрации тяжелых металлов в твердом топливе из бытовых отходов

Г.1 Введение

Изначально было определено 3 характеристики по тяжелым металлам: Hg, Cd + Tl и смесь других тяжелых металлов. Предполагалось, что максимально возможная концентрация тяжелых металлов в твердом топливе из бытовых отходов может быть использована как свидетельство его пригодности для технологии. См. таблицу Ж.5 приложения Ж. Основа расчетов описана в приложении В. Позже было принято решение сфокусироваться на Hg в качестве главной экологической характеристики топлива по тяжелым металлам. Однако информация о других тяжелых металлах также приведена в таблицах Г.1—Г.6 и настоящем приложении.

Г.2 Производство цемента

В цементном производстве выбросами считается преимущественно Hg. Другие тяжелые металлы почти полностью включены в шлак. Коэффициент переноса основывается на практических данных бельгийских и немецких заводов [2], [10].

Таблица Г.1 — Максимально возможные концентрации в твердом топливе из бытовых отходов, влажный процесс в цементной печи

Параметры	TF	Ce (WID), мг/м^3	Cmax, мг/МДж на влажное состояние топлива (расчетное)
Hg	0,2000	0,05	0,17
Cd + Tl	0,0048	0,05	6,90
Сумма НМ	0,0002	0,50	1 650

Примечания
1 — Vs 0,66 м^3/МДж.
2 — Ce при 10 % O_2.
3 — При более высоком содержании неорганических веществ (зольности) проводится существенное дополнение сырьем. Это также означает, что выбросы, происходящие из сырья, могут быть замещены (другими) выбросами из твердого топлива из бытовых отходов. Представление уровня выбросов в мг/МДж не учитывает это явление и не подходит для топлива с высокой зольностью и в то же время низкой NCV.

Таблица Г.2 — Максимально возможные концентрации в твердом топливе из бытовых отходов, сухой процесс в цементной печи

Параметры	TF	Ce (WID), мг/м^3	Cmax, мг/МДж на влажное состояние топлива (расчетное)
Hg	0,1 — 0,4	0,05	0,082 — 0,33
Cd + Tl	0,0048	0,05	6,90
Сумма НМ	0,0002	0,50	1 650

Примечания
1 — Vs 0,66 м^3/МДж.
2 — Ce при 10 % O_2.
3 — См. примечание 3 к таблице Г.5.

Г.3 Угольные электростанции

Коэффициенты переноса для некоторых технологий различаются. Значения основаны на исследованиях, проведенных в Германии [10]. Немецкий опыт ограничен заводами с системами сухой золы [11]. Значения соот-

ветствуют Hg для Германии по той же технологии. Для Cd и Sb существуют различия. Для Германии TF в 4 (Cd) и 6 (Sb) раз ниже.

Таблица Г.3 — Максимально возможные концентрации в твердом топливе из бытовых отходов, DBB каменный уголь

Параметры	TF	Ce (WID), мг/м^3	Cmax, мг/МДж на влажное состояние топлива (расчетное)
Hg	0,26	0,05	0,065
Cd + Tl	0,014	0,05	1,21
Сумма НМ	0,0016	0,50	106

Примечания:
1 — Vs 0,34 м^3/МДж.
2 — Ce при 6 % O_2.
3 — Значения коэффициентов переноса рассчитаны (средневзвешенные) и основываются на среднем составе твердого топлива из бытовых отходов, производимого из фракции твердых бытовых отходов с высокой теплотой сгорания.

Таблица Г.4 — Максимально возможные концентрации в твердом топливе из бытовых отходов, WBB каменный уголь

Параметры	TF	Ce (WID), мг/м^3	Cmax, мг/МДж на влажное состояние топлива (расчетное)
Hg	0,5	0,05	0,034
Cd + Tl	0,067	0,05	0,25
Сумма НМ	0,005	0,50	34,00

Примечания
1 — Vs 0,34 м^3/МДж.
2 — Ce при 6 % O_2.
3 — Значения коэффициентов перемещения рассчитаны (средневзвешенные) и основываются на среднем составе твердого топлива из бытовых отходов, производимого из фракции твердых бытовых отходов с высокой теплотой сгорания.

Таблица Г.5 — Максимально возможные концентрации в твердом топливе из бытовых отходов, DBB бурый уголь

Параметры	TF	Ce (WID), мг/м^3	Cmax, мг/МДж на влажное состояние топлива (расчетное)
Hg	0,2	0,05	0,085
Cd + Tl	0,04	0,05	0,43
Сумма НМ	0,001	0,50	170

Примечания
1 — Vs 0,34 м^3/МДж.
2 — Ce при 6 % O_2.
3 — Значения коэффициентов перемещения рассчитаны (средневзвешенные) и основываются на среднем составе твердого топлива из бытовых отходов, производимого из фракции твердых бытовых отходов с высокой теплотой сгорания.

Г.4 FBC

Таблица Г.6 — Максимально возможные концентрации в твердом топливе из бытовых отходов, FBC
Значения коэффициента передачи основаны на исследованиях, проведенных в Германии.

Параметры	TF	TF (HOK)[a]	Ce (WID), мг/м^3	Cmax, мг/МДж на влажное состояние топлива	max, мг/МДж на влажное состояние топлива
Hg	0,6	0,065	0,05	0,028	0,26
Cd + Tl	0,027	0,0002	0,05	0,63	85
Сумма НМ	0,010	0,0002	0,50	17,00	850

Примечания
1 — Vs 0,34 м^3/МДж.
2 — Ce при 6 % O_2.
3 — Значения коэффициентов перемещения рассчитаны (средневзвешенные) и основываются на среднем составе твердого топлива из бытовых отходов, производимого из фракции твердых бытовых отходов с высокой теплотой сгорания.
[a] Системы, использующие активированный углерод (AC).

Приложение Д
(справочное)

Анализ и оценка данных по Hg и Cd в твердом топливе из бытовых отходов

Д.1 Общий анализ и оценка измеренных значений Hg и Cd в твердом топливе из бытовых отходов

Д.1.1 Общие сведения

Результаты межлабораторных испытаний показывают, что даже при установленных протоколах отбора, подготовки и анализа проб встречаются аналитические результаты имеют разброс в существенном диапазоне. Причины заключаются, например, в том, что анализируемый объект не распределяется равномерно по всем компонентам в твердом топливе из бытовых отходов. Мелкие частицы, например металлов и ПВХ, могут обуславливать высокие значения аналитических результатов. Тогда результат не дает представления о качестве твердого топлива из бытовых отходов, которое было отобрано. Следовательно, отдельные аналитические результаты не могут быть использованы при оценке абсолютного максимального значения. Это означает, что для этой цели могут применяться только наборы данных.

Однако использование больших наборов данных не применимо для решения этой проблемы. Необходимо применять соответствующий метод в рамках обеспечения качества и сертификации твердого топлива из бытовых отходов с учетом ограниченных ресурсов и времени для сбора данных.

Д.1.2 Распределение аналитических показателей

Основная часть твердого топлива из бытовых отходов при характеристике по содержанию тяжелых металлов, как правило, находится в нижнем диапазоне и имеет одностороннее распределение в верхнем диапазоне. Обычно распределение аналитических данных имеет правый разброс для свойств отходов, что показано на рисунке Д.1 для Hg, предел обнаружения представляет самые низкие значения. С другой стороны, для максимального значения предела нет.

Распределение данных по Hg от фракций твердых бытовых отходов с высокой теплотой сгорания показано на рисунках Д.1 и Д.2. Измененные данные (логарифм) приблизительно показывают нормальное распределение. Рисунок Д.3 показывает пример распределения Cd.

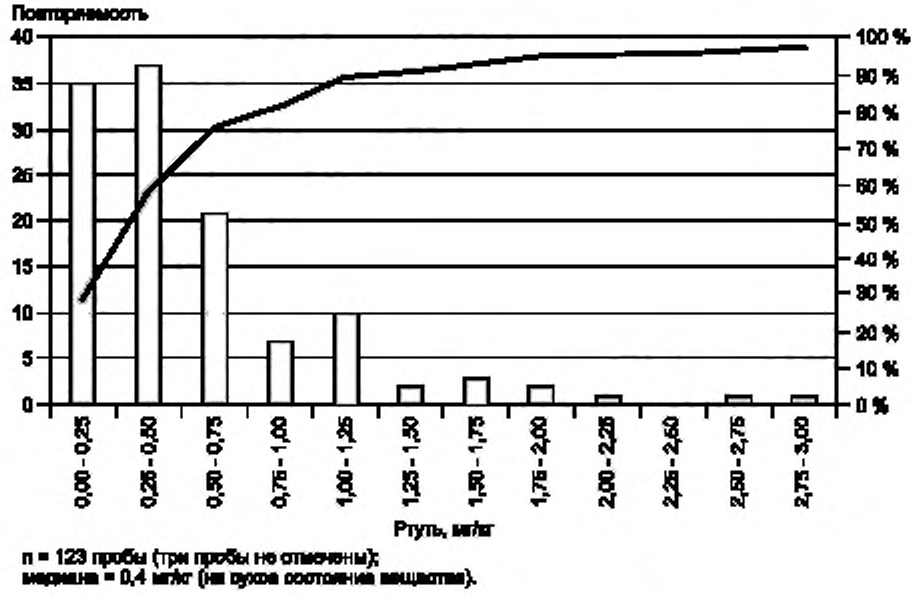


Рисунок Д.1 — Распределение данных по Hg фракции твердых бытовых отходов с высокой теплотой сгорания

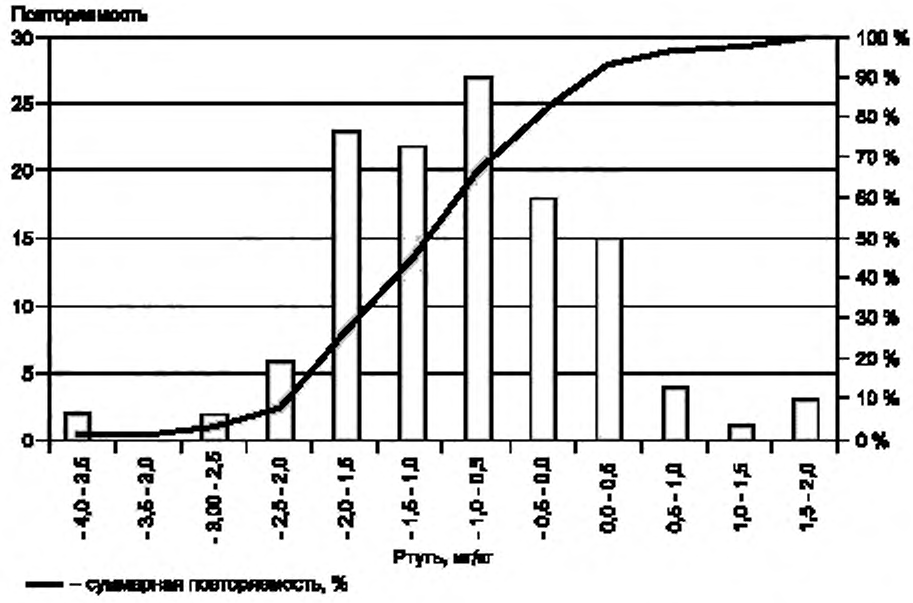
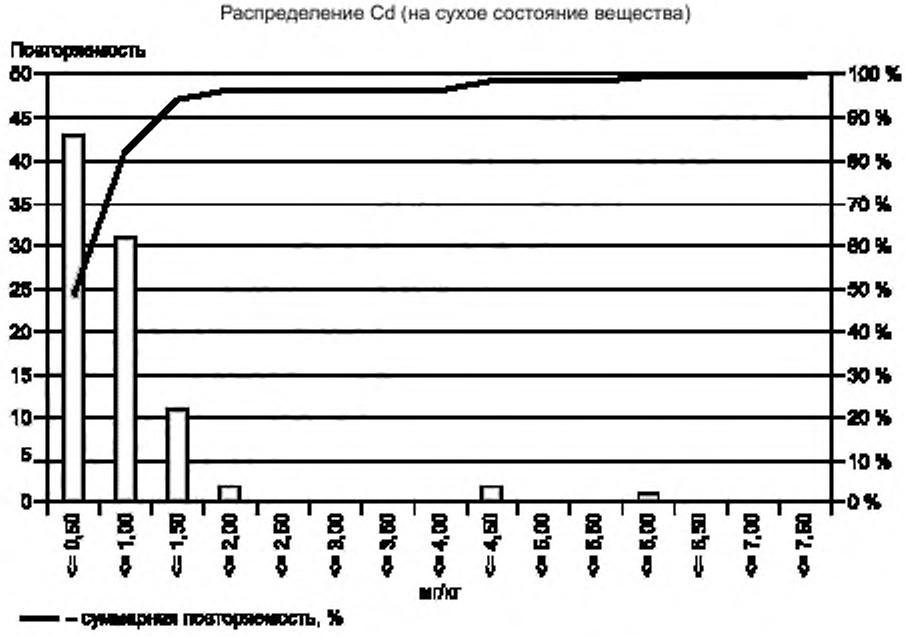


Рисунок Д.2 — Распределение измененных данных по ртути фракции твердых бытовых отходов с высокой теплотой сгорания

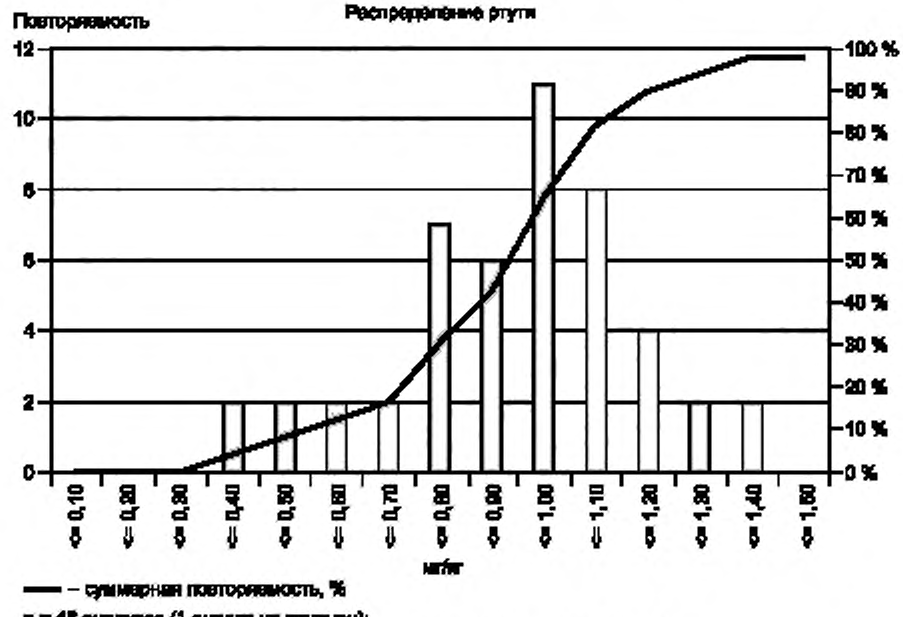
Исходные значения завышенного диапазона концентрации обычно появляются в обычном спектре логарифмического распределения для измеренных значений. Следовательно, они не могут быть вычеркнуты из набора данных. Эти значения не являются выбросами, так как они представляют собой часть логарифмического распределения, см. также рисунок Д.2. Эти распределения определены неравномерным распределением анализируемого по всем компонентам объекта твердого топлива из бытовых отходов. Нормальное распределение можно ожидать во многих точках, если анализируемые свойства распределены почти равномерно по всем частицам в твердом топливе из бытовых отходов (рисунок Д.4, твердое топливо из бытовых отходов NL 4 показывает почти нормальное распределение).

Примечание — Однако распределение данных, показанное на рисунке Д.4, логарифмически нормальное в соответствии со статистическими вычислениями, проведенными INFA с помощью KSA теста.



n = 90 анализов (0 анализов не отмечено),
медиана = 0,53 мг/кг, среднее = 0,75 мг/кг (на сухое состояние вещества),
80-процентильное значение = 0,90 мг/кг, Max = 5,97 мг/кг (на сухое состояние вещества).

Рисунок Д.3 — Распределение данных по Cd топлива SE 4



n = 48 анализов (1 анализ не отмечен);
медиана = 0,81 мг/кг, среднее = 0,91 мг/кг (на сухое состояние вещества);
80-процентильное значение = 1,06 мг/кг, Max = 1,77 мг/кг (на сухое состояние вещества).

Рисунок Д.4 — Распределение данных по Hg топлива NL 4

Д.1.3 Определение средней концентрации по аналитическим данным для твердого топлива из бытовых отходов

Средние значения по отходам могут быть определены при помощи измерений локальных участков. При измерении локальных участков нормального распределения арифметическое среднее не подходит для определения среднего значения из-за асимметричного правого отклонения распределения, которое встречается в распределении концентраций тяжелых металлов в твердом топливе из бытовых отходов. Тогда среднее значение будет значительно зависеть от крайних правых значений. В этом случае геометрическое среднее было бы более уместным.

Однако нормальные логарифмические распределения не всегда изучаются. Следовательно, центральное значение зависит от типа распределения и медианы. Кроме того, часто необходимо определить среднее, основанное на ограниченном наборе данных (например, 10). Для определения средней концентрации компонента предпочтительна медиана из-за ее надежности и независимости расположенных справа значений. Медиана и среднее арифметическое почти равны при нормальном распределении.

Так как медиана больше подходит для описания характеристического уровня твердого топлива из бытовых отходов, следует использовать ее для расчетов выбросов соответствующих навесок. Для сравнения среднего, медианы и геометрического среднего значений см. таблицы Д.4 и Д.7.

Д.1.4 Определение максимальной концентрации по аналитическим данным твердого топлива из бытовых отходов

Обычно содержание компонента в твердом топливе из бытовых отходов характеризуется не только средним, но и верхним значением. Из замечаний, касающихся распределения, можно сделать вывод о том, что абсолютный максимум представлен случайным значением. Однако целесообразно иметь второй статистический показатель для характеристики максимального значения в твердом топливе из бытовых отходов, который указывает диапазон для верхних концентраций. Верхний уровень концентрации должен быть указан вместе с 80-процентильным значением распределения. Это значение представляет значение, которое указывает тип распределения. В таблице Д.1 суммированы оценки различных статистических методов.

Таблица Д.1 — Оценка различных статистических методов по отношению к твердому топливу из бытовых отходов

Различные методы	За	Против
Медиана + 80-процентильное значение	Не зависит от распределения, устойчиво к «выбросам». Только медианы недостаточно для определения диапазона определяемых значений, следовательно 80-процентильное значение рассматривается для подсчета верхнего значения. Легкое определение. Возможность определения начиная с 10 значений. Можно установить предельные значения. Показатель гетерогенности для твердого топлива из бытовых отходов через отношение 80-процентильного значения к медиане. При нормальном распределении медиана и среднее значение примерно равны	Пиковые значения не рассматриваются. Примечание — Существуют показатели для очень больших диапазонов с гетерогенными отходами, вызванными мелкими частицами, например металлическими или ПВХ, которые попадают в аналитические пробы и влияют на результат испытаний. Однако этот результат не отражает качества пробы твердого топлива из бытовых отходов.
Среднее значение + доверительный интервал	Данные рассматриваются оценочно. Загрузка рассматривается относительно «результатов»	В основе нормальное распределение. Примечание — Аналитические данные часто показывают нормальное логарифмическое распределение. Среднее значение зависит от пиковых значений. Предельные значения не могут быть установлены, в лучшем случае может быть выбран доверительный интервал. Для точного результата необходимо большее количество данных. Необходима проверка на выбросы

Д.1.5 Минимум и максимум медианы

На практике набор данных, используемых для расчета медианы, ограничен, например 10, из-за ограничения ресурсов и времени. Эти ограничения влияют на соблюдение границ классов.

На рисунке Д.5 представлен диапазон доверительного интервала медианы, основанного на интервале от 10 до 158 значений для ртути в твердом топливе из бытовых отходов. График получен с помощью генератора случайных чисел. При случайном выборе серии аналитических данных от 10 до 158 были отобраны 200 раз. Затем рассчитали медиану при доверительном интервале 95 %. Минимальное и максимальное значения для медианы отражены на рисунке Д.5.

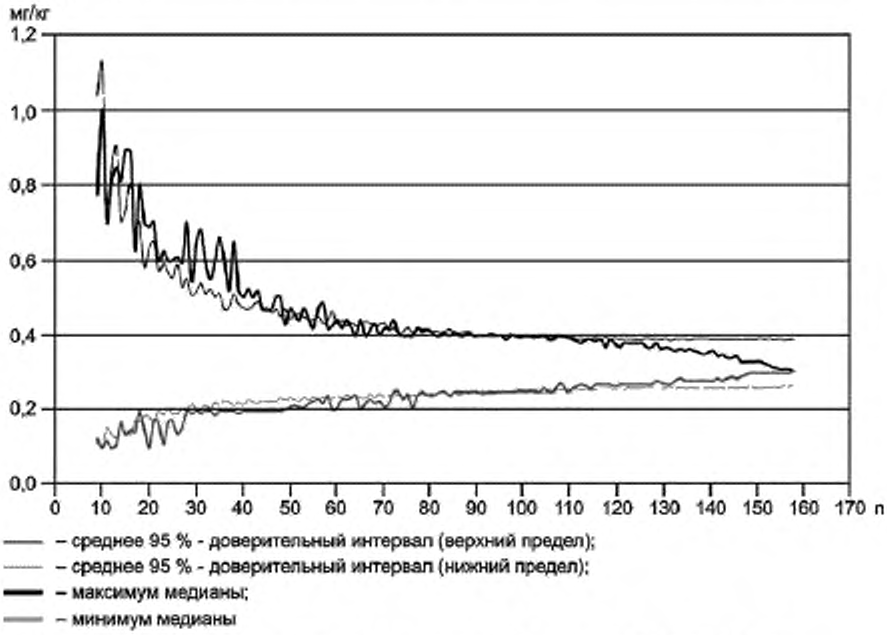


Рисунок Д.5 — Минимальное и максимальное значения для медианы с доверительным интервалом 95 % для ртути при различных размерах одного набора данных для твердого топлива из бытовых отходов

Д.2 Специфичные анализы и оценка представленных данных по твердому топливу из бытовых отходов

Д.2.1 Ртуть

Для документирования распределения ртути в твердом топливе из бытовых отходов были собраны 29 отчетов от 5 государств — членов Европейского союза и Норвегии. Таблицы Д.2 и Д.3 представляют граничные условия данных по твердому топливу из бытовых отходов и тип распределения.

Особое внимание было уделено такому твердому топливу из бытовых отходов, которое существенно для производства и непосредственного использования. Для каждого твердого топлива из бытовых отходов были получены от 10 до 707 аналитических данных, в результате чего общее число анализов достигло 2459.

Входящие материалы для твердого топлива из бытовых отходов существенно отличаются и варьируются от произведенного твердого топлива из бытовых отходов, основанного на отобранных отходах производства, до различных типов фракций с высокой теплотой сгорания.

Из-за отсутствия единых методов отбора проб твердого топлива из бытовых отходов методы его анализа существенно различаются.

Аналитическое определение пределов также существенно различается из-за применения различных аналитических технологий и требований пользователей твердого топлива из бытовых отходов. Они варьируются от 0,01 мг/кг до 1,0 мг/кг (на сухое состояние топлива).

Однако, несмотря на эти различия в состояниях исходных материалов (отбор и подготовка проб, аналитические методы), общие свойства в распределении ртути могут быть получены для различного твердого топлива из бытовых отходов.

Обычно для ртути обнаруживается несимметричное правое распределение. Несимметричное распределение является наиболее существенным при увеличении количества данных. Снижение аналитического предела обнаружения до 0,2 мг/кг также приводит к более значительному перекосу распределения (см. рисунки Д.6 и Д.7).

Таблица Д.4 показывает статистические результаты для представленного твердого топлива из бытовых отходов.

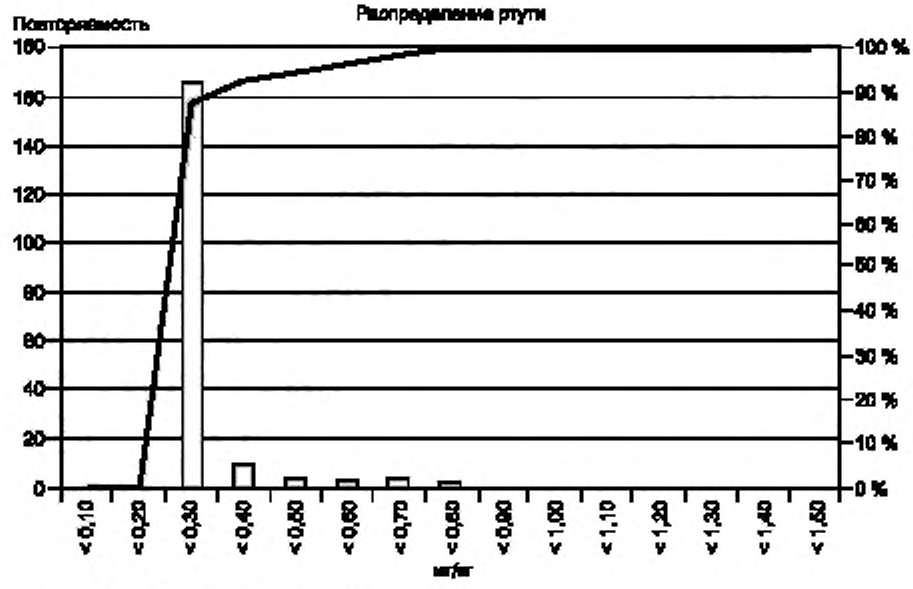


Рисунок Д.6 — Распределение данных по Hg топлива GE 1

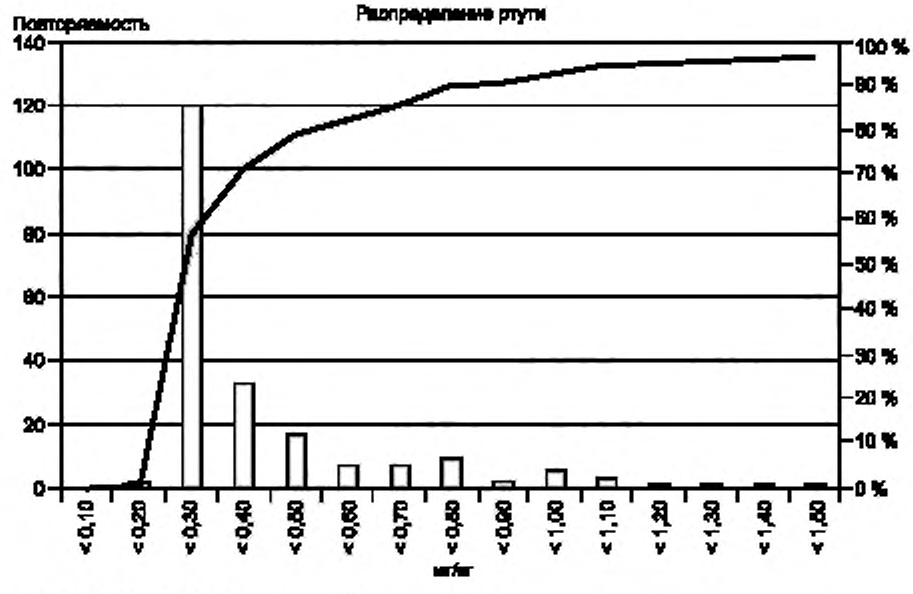


Рисунок Д.7 — Распределение данных по Hg топлива GE 2

Таблица Д.2 — Обзор граничных состояний твердого топлива из бытовых отходов — данные по Hg

Страна-производитель	Обозначение	Источник отходов	Метод отбора проб	Подготовка проб	Метод анализа	Стандарт для метода анализа	Предел обнаружения, мг/кг
Австрия	AT 2	MSW + шлам	n.a.	n.a.	AAS	EN 1483	n.a.
	AT 3	MSW + шлам	n.a.	n.a.	AAS	EN 1483	n.a.
Бельгия	B 1	Отобранные пром. отходы	a	a	AAS	DIN 38406-E22-88	1[k]
	B 2	Отобранные пром. отходы	a	a	AAS	DIN 38406-E22-88	1[k]
	B 3	Фильтрат	b	b	AAS	i	0,5 ar[l]
	B 4	Фильтрат	b	b	AAS	i	0,5 ar[l]
	B 5	Фильтрат	b	b	AAS	i	0,5 ar[l]
	B 6	Дерево, шлам, акт.уголь	b	b	AAS	i	0,5 ar[l]
	B 7	Резина, акт.уголь	b	b	AAS	i	0,5 ar[l]
	B 8	полимеры	b	b	AAS	i	0,5 ar[l]
Финляндия	FIN 1	MSW	SFS 5875[c]	SFS 5875	AAS	SFS 5229 (ENV 13370)	от 0,1 до 0,2
Германия	GE 1	Отобранные пром. отходы	RAL-GZ 724[d]	RAL-GZ 724	AAS	DIN EN 12338-5	0,2
	GE 2	MSW	RAL-GZ 724[d]	RAL-GZ 724	AAS	DIN EN 12338-5	0,2
	GE 3	MSW	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
	GE 4	Муниципальный шлам	n.a.	n.a.	AAS	DIN EN 12338-5	n.a.
	GE 5	Муниципальный шлам	n.a.	n.a.	AAS	DIN EN 12338-5	n.a.
	GE 6	дерево	n.a.	n.a.	AAS	DIN EN 12338-5	0,03
Италия	IT 1	MSW	UNI 9903-3[e]	UNI 9903-3/12[e]	GF-AAS	ISO	0,01
	IT 2	MSW	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
	IT 3	MSW	UNI 9903-3[e]	UNI 9903-3/12[e]	GF-AAS	ISO	0,01
Норвегия	N 1	Дерево	SS 187113	n.a.	ICP-AES	EPA 200.7	от 0,01 до 0,02
	N 2	Отобранные пром. отходы	SS 187113	n.a.	ICP-AES	EPA 200.7	0,01
	N 3	Промышленные отходы	j	n.a.	AAS	NF EN 1483	от 0,5 до 1,1[m]

Окончание таблицы Д.2

Страна-производитель	Обозначение	Источник отходов	Метод отбора проб	Подготовка проб	Метод анализа	Стандарт для метода анализа	Предел обнаружения, мг/кг
Нидерланды	NL 1	MSW	f	f	AAS	DIN EN 12338-5	0,2
	NL 2	MSW	f	f	AAS	DIN EN 12338-5	0,2
	NL 3	MSW	f	f	AAS	DIN EN 12338-5	0,2
	NL 4	MSW	g	g	AAS	NTA 8200	0,2
	NL 5	Муниципальный шлам	n.a.	n.a.	AAS	DIN EN 12338-5	n.a.
Швеция	SE 1	Древесные отходы	h	h	ICP-AES	EPA 200.7	0,01
	SE 2	Древесные отходы	h	h	ICP-AES	EPA 200.7	0,01
	SE 3	Отобранные промышленные отходы	h	h	ICP-AES	EPA 200.7	0,01
	SE 4	Отобранные промышленные отходы	h	h	ICP-AES	EPA 200.7	0,01
Всего/в среднем	—	—	—	—	—		—

[a] — Каждую смену отбирают пробу около 1 кг. Пробы за день смешивают. Получают две аналитические пробы путем измельчения: крупную 2 мм и мелкую 1 мм (используемую для анализа металлов).

[b] — От 6 до 8 разовых проб из грузовика смешивают (около 2 кг); дневные пробы (до 2 кг) смешивают в недельную пробу; сокращение размера частиц до <0,5 мм для анализа (одна проба отбирается от 300—500 т материала).

[c] — Материал размером 12 мм; метод отбора проб: из ленты конвейера 3 разовые пробы в день по несколько л, месячную пробу сокращают до 10 л и отправляют в лабораторию.

[d] — Отбор пробы 250 л от 500 т (5 л от каждых 10 т) сохраняют 10 л для анализа; размер частиц сокращают до <1 мм.

[e] — 35 разовых проб на пробу (2,4 кг на пробу для материала 40 мм); сокращение размера пробы для анализа до 1 мм.

[f] — Отбор 250 л проб в день; сокращение размера частиц до <40 мм; сохраняют 12,5 л и высушивают; смешивают дневные пробы за неделю, сохраняют 15 л; смешивают недельные пробы за 4 недели, сокращают размер частиц до <1 мм и отправляют в лабораторию.

[g] — Отбирают 90 л в день, сокращают размер частиц пробы до <40 мм, сохраняют 10 л и высушивают; смешивают дневные пробы раз в неделю, сохраняют 10 л; недельные пробы смешивают раз в 4 недели, сокращают размер частиц до <1 мм и отправляют в лабораторию.

[h] — Щепа в грузовиках: 1 проба из грузовика, состоящая из 5 разовых проб; 1 проба в месяц, полученная из всех проб, отобранных из грузовика; пух в грузовиках: 1 проба в месяц, полученная из 1 разовой пробы из грузовика;

корабль: серия из 4 проб с корабля, составленных из разовых проб, отбираемых каждые 20 мин. Серия проб смешивается в лабораторную пробу.

[i] — Межлабораторный контроль с участием 54 лабораторий.

[j] — 1 разовая проба в день (2 кг); 10 разовых проб соединяют в пробу. Измельчают материал пробы до <1 мм для получения лабораторной пробы.

[k] — Технические требования пользователя не требуют более низкого предела обнаружения.

[l] — Влажное состояние топлива

[m] — Лабораторией получено 17 анализов, другими n.a.

Таблица Д.3 — Обзор граничных состояний и распределения ртути по данным твердого топлива из бытовых отходов

Обозначение	Количество анализов	Количество анализов < предела обнаружения	Доля анализов со значением < предела обнаружения	Количество анализов > предела обнаружения	Доля незапротоколированных анализов	Тип распределения [a]
AT 2	54	0	0 %	6/1,5	11 %	Асимметричное правое
AT 3	56	0	0 %	5/1,5	9 %	Логарифмически нормальное
B 1	67	57	85 %	0/4,5	0 %	Асимметричное правое
B 2	57	42	74 %	0/4,5	0 %	Асимметричное правое
B 3	30	24	80 %	0/10	0 %	(Асимметричное правое)
B 4	44	39	89 %	0/10	0 %	Асимметричное правое
B 5	64	52	81 %	0/10	0 %	Асимметричное правое
B 6	707	554	78 %	4/10	1 %	Асимметричное правое
B 7	11	11	100 %	0/10	0 %	Не подлежит оценке
B 8	42	42	100 %	0/10	0 %	Не подлежит оценке
FIN 1	42	7	17 %	1/1,5	2 %	Асимметричное правое
GE 1	190	127	67 %	1/1,5	0 %	Асимметричное правое
GE 2	209	93	44 %	8/1,5	4 %	Асимметричное правое
GE 3	70	n.a.	n.a.	0/1,5	0 %	Логарифмически нормальное
GE 4	178	n.a.	n.a.	10/1,5	6 %	Асимметричное правое
GE 5	178	n.a.	n.a.	10/1,5	6 %	Асимметричное правое
GE 6	65	28	43 %	0/1,5	0 %	Асимметричное правое
IT 1	62	0	0 %	0/1,5	0 %	Асимметричное правое
IT 2	13	n.a.	n.a.	1/1,5	8 %	(Логарифмически нормальное)
IT 3	13	0	0 %	1/1,5	8 %	(Логарифмически нормальное)
N 1	20	2	10 %	0/1,5	0 %	(Асимметричное правое)
N 2	25	0	0 %	0/1,5	0 %	(Асимметричное правое)
N 3	31	n.a.	n.a.	1/1,5	3 %	(Асимметричное правое)
NL 1	22	18 [b]	82 %	0/1,5	0 %	(Асимметричное правое)
NL 2	22	2	9 %	4/1,5	14 %	(Асимметричное правое)
NL 3	42	20	48 %	0/1,5	0 %	Логарифмически нормальное
NL 4	42	0	0 %	1/1,5	2 %	Логарифмически нормальное
NL 5	21	0	0 %	0/1,5	0 %	(Асимметричное правое)
SE 1	28	0	0 %	1/1,5	4 %	(Асимметричное правое)
SE 2	117	7	6 %	1/1,5	1 %	Логарифмически нормальное
SE 3	17	0	0 %	0/1,5	0 %	(Асимметричное правое)
SE 4	90	0	0 %	1/1,5	1 %	Асимметричное правое
	2629	1125	43 %		2 %	

[a] В скобках, когда количество данных больше 40.

[b] Предел обнаружения других лабораторий от 0,05 до 0,06 мг/кг (на сухое состояние вещества). Однако все данные рассмотрены с пределом обнаружения 0,2 мг/кг.

Таблица Д.4 — Обзор статистических результатов представленных типов твердого топлива из бытовых отходов для Hg

Обозначение	Среднее, мг/кг	Среднее арифметическое, мг/кг	80-процентильное, мг/кг	90-процентильное, мг/кг	Максимум, мг/кг	Стандартное отклонение, мг/кг	Относительное стандартное отклонение, мг/кг	Отношение 80- и 50-процентильных значений	Геометрическое среднее, мг/кг
AT 2	0,51	1,31	0,688	3,58	13,89	2,513	192 %	1,35	0,65
AT 3	0,71	0,766	0,958	1,29	2,51	0,482	63 %	1,35	0,65
B 1	1,00	1,24	1,00	2,00	4,00	0,63	51 %	1,00	1,15
B 2	1,00	1,33	2,00	2,00	4,00	0,64	48 %	2,00	1,23
B 3	0,70	0,90	0,80	1,73	2,30	0,52	58 %	1,14	0,80
B 4	0,90	1,30	0,94	2,00	5,30	1,17	90 %	1,04	1,12
B 5	1,90	3,00	1,92	5,90	16,10	2,61	87 %	1,01	2,44
B 6	0,70	1,50	0,69	2,61	67,30	3,37	225 %	0,99	0,91
B 7	0,60	0,60	0,62	0,62	0,60	0,00	0 %	1,03	0,62
B 8	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,00	0 %	1,00	0,50
FIN 1	0,20	0,36	0,27	0,31	7,50	1,13	313 %	1,37	1,18
GE 1	0,20	0,24	0,21	0,33	1,80	0,15	64 %	1,05	0,22
GE 2	0,25	0,44	0,50	0,81	4,80	0,56	128 %	2,00	0,32
GE 3	0,43	0,47	0,57	0,64	1,10	0,15	33 %	1,33	0,45
GE 4	0,49	0,66	0,90	1,10	5,50	0,66	100 %	1,84	0,51
GE 5	0,49	0,66	0,90	1,10	5,50	0,66	100 %	1,84	0,51
GE 6	0,09	0,14	0,20	0,27	0,55	0,11	80 %	2,22	0,10
IT 1	0,40	0,45	0,67	0,92	1,16	0,29	63 %	1,70	0,35
IT 2	0,23	0,54	0,84	1,00	2,80	0,75	139 %	3,65	0,29
IT 3	0,46	0,62	0,94	1,24	1,70	0,47	75 %	2,04	0,49
N 1	0,12	0,13	0,2	0,32	0,49	0,13	102 %	1,71	0,07
N 2	0,21	0,28	0,35	0,59	0,91	0,21	77 %	1,68	0,21
N 3	0,5	0,56	0,9	0,98	1,85	0,4	71 %	1,80	0,44
NL 1	0,20	0,20	0,20	0,33	0,61	0,14	71 %	1,00	0,16
NL 2	0,28	0,49	0,56	1,47	1,79	0,53	108 %	2,00	0,33
NL 3	0,36	0,37	0,54	0,69	1,13	0,25	68 %	1,50	0,28
NL 4	0,92	0,92	1,10	1,22	1,77	0,27	29 %	1,20	0,88
NL 5	0,68	0,70	0,78	0,82	1,00	0,11	16 %	1,15	0,69
SE 1	0,12	0,39	0,36	0,63	5,49	1,02	264 %	3,13	0,15
SE 2	0,05	0,07	0,08	0,12	0,39	0,07	100 %	1,79	0,05
SE 3	0,24	0,26	0,28	0,34	0,41	0,07	27 %	1,16	0,25
SE 4	0,13	0,20	0,21	0,26	4,29	0,45	220 %	1,53	0,14
Всего/ в среднем	0,49	0,67	0,68	1,18	5,28	0,64	96 %	1,58	0,54

Д.2.2 Кадмий

Для документирования данных о распределении Cd в твердом топливе из бытовых отходов были собраны 26 отчетов от 5 стран — членов Европейского союза и Норвегии. В таблицах Д.5 и Д.6 представлены граничные условия данных по твердому топливу из бытовых отходов и типу их распределения.

Особое внимание уделено тому твердому топливу из бытовых отходов, которое имеет существенное значение для дальнейшего производства и непосредственного использования. Для каждого твердого топлива из бытовых отходов были получены от 10 до 178 аналитических данных, в результате чего общее количество анализов составило 1248.

Входящие материалы для такого топлива значительно отличаются и варьируются от твердого топлива из бытовых отходов, произведенного на основе отобранных промышленных отходов, до различных типов фракций с высокой теплотой сгорания.

Из-за отсутствия единых методов отбора проб для твердого топлива из бытовых отходов методы существенно отличаются.

Аналитические пределы обнаружения также значительно отличаются из-за различных применяемых аналитических методик и требований пользователей твердого топлива из бытовых отходов. Они варьируются от 0,01 мг/кг (на сухое состояние вещества) до 3,0 мг/кг (на рабочее состояние вещества)

Однако, несмотря на эти отличия в состояниях входящих материалов (отбор и подготовка проб, аналитические методы), общие свойства в распределении кадмия могут быть получены для различного твердого топлива из бытовых отходов.

Обычно для кадмия встречается несимметричное правое распределение. Несимметричное распределение является наиболее существенным при увеличении количества данных. Снижение аналитического предела обнаружения до 0,2 мг/кг также приводит к более значительному перекосу распределения (см. рисунки Д.6 и Д.7).

В таблице Д.7 дан обзор статистических результатов для представленных типов твердого топлива из бытовых отходов.

Таблица Д.5 — Обзор граничных состояний твердого топлива из бытовых отходов — данные по Cd

Обозначение	Источник отходов	Метод отбора проб	Подготовка проб	Метод анализа	Стандарт для метода анализа	Предел обнаружения, мг/кг	Количество анализов
AT 1	MSW	CEN/292	e	AAS	Onorm M 6617, DIN EN ISO 5961	n.a.	97
AT 2	MSW + шлам	n.a.	n.a.	ICP-AES	EN 1483	n.a.	81
AT 3	MSW + шлам	n.a.	n.a.	ICP-AES	EN 1483	n.a.	85
AT 4	MSW	CEN/292	f	AAS	Onorm M 6617, DIN EN ISO 5961	n.a.	50
B 1	Отобранные пром. отходы	a	a	ICP	DIN 38406-E22-88	1	43
B 2	Отобранные пром. отходы	a	a	ICP	DIN 38406-E22-88	1	45
B 3	Фильтрат	b	b	ICP/XRF	I	3,0 [m]	30
B 4	Фильтрат	b	b	ICP/XRF	I	3,0 [m]	44
B 5	Фильтрат	b	b	ICP/XRF	I	3,0 [m]	64
B 6	Дерево, шлам, акт.уголь	b	b	ICP/XRF	I	3,0 [m]	704
B 7	Резина, акт. уголь	b	b	ICP/XRF	I	3,0 [m]	11
B 8	Полимеры	b	b	ICP/XRF	I	3,0 [m]	42
FIN 1	MSW	SFS 5875[c]	SFS 5875	GF-AAS	SFS 5502/ 5074 (ENV 12506)	0,0142	—
GE 1	Отобранные пром. отходы	RAL-GZ 724[d]	RAL-GZ 724	AAS	DIN EN 11885	0,2	86

Продолжение таблицы Д.5

Обозначение	Источник отходов	Метод отбора проб	Подготовка проб	Метод анализа	Стандарт для метода анализа	Предел обнаружения, мг/кг	Количество анализов
GE 2	MSW	RAL-GZ 724[d]	RAL-GZ 724	AAS	DIN EN 11885	0,2	51
GE 3	MSW	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	70
GE 4	Муниципальный шлам	n.a.	n.a.	AAS	DIN EN 11885	n.a.	178
GE 5	Муниципальный шлам	n.a.	n.a.	AAS	DIN EN 11885	n.a.	178
GE 6	Дерево	n.a.	n.a.	AAS	DIN EN 11885	0,4	178
IT 1	MSW	UNI 9903-3[e]	UNI 9903-3/12[e]	GF-AAS	ISO	0,05	61
IT 3	MSW	UNI 9903-3[e]	UNI 9903-3/12[e]	GF-AAS	ISO	0,05	13
N 1	Дерево	SS 187113	n.a.	ICP-AES	n.a.	0,005	20
N 2	Отобранные пром. отходы	SS 187113	n.a.	ICP-AES	n.a.	0,005	25
N 3	Промышленные отходы	h	n.a.	ICP	NF EN 1483	от 0,2 до 1[n]	28
NL 1	MSW	i	i	GF-AAS	NTA 8200	0,4	26
NL 2	MSW	i	i	GF-AAS	NTA 8200	0,4	26
NL 3	MSW	i	i	GF-AAS	NTA 8200	0,4	30
NL 4	MSW	j	j	GF-AAS	NTA 8200	0,4	49
SE 1	Древесные отходы	k	k	ICP-AES	EPA 200.7	0,01	28
SE 2	Древесные отходы	k	k	ICP-AES	EPA 200.7	0,01	118
SE 3	Отобранные промышленные отходы	k	k	ICP-AES	EPA 200.7	0,01	17
SE 4	Отобранные промышленные отходы	k	k	ICP-AES	EPA 200.7	0,01	89
Всего/в среднем	—	—	—	—	—	—	2489

n.a.: недоступно.

[a] — Каждую смену отбирают пробу около 1 кг. Пробы за день смешивают. Получают две аналитические пробы путем измельчения: крупную 2 мм и мелкую 1 мм (используемую для анализа металлов).

[b] — От 6 до 8 разовых проб из грузовика смешивают (около 2 кг); дневные пробы (до 2 кг) смешивают в недельную пробу, сокращение размера частиц до < 0,5 мм для анализа (одна проба отбирается от 300—500 т материала).

[c] — Материал размером 12 мм; метод отбора проб: из ленты конвейера 3 разовые пробы в день по несколько л, месячную пробу сокращают до 10 л и отправляют в лабораторию.

[d] — Отбор пробы 250 л от 500 т (5 л от каждых 10 т), сохраняют 10 л для анализа, размер частиц сокращают до < 1 мм.

[e] — > 100 мм, измельчают частицы до < 30 мм, измельчение до < 15 мм при размере пробы 680 л, измельчение до 1 мм при размере пробы 10 л.

[f] — Сокращение размера частиц до < 50 мм, измельчение до 20 мм при размере пробы 200 л, измельчение до <1 мм при размере пробы 10 л.

[g] — 35 разовых проб на пробу, 2,4 кг на пробу для материала 40 мм; сокращение размера пробы для анализа до 1 мм.

Окончание таблицы Д.5

[h] — 1 разовая проба в день (92 кг), 10 разовых проб смешивают в пробу. Измельчают частицы лабораторной пробы до < 1 мм.

[i] — Отбор 250 л проб в день, сокращение размера частиц до < 40 мм; сохраняют 12,5 л и высушивают; смешивают дневные пробы за неделю, сохраняют 15 л; смешивают недельные пробы за 4 недели, сокращают размер частиц до < 1 мм и отправляют в лабораторию.

[j] — Отбирают 90 л в день, сокращают размер частиц пробы до < 40 мм, сохраняют 10 л и высушивают; смешивают дневные пробы раз в неделю, сохраняют 10 л; недельные пробы смешивают раз в 4 недели, сокращают размер частиц до < 1 мм и отправляют в лабораторию.

[k] — Щепа в грузовиках: 1 проба из грузовика, состоящая из 5 разовых проб; 1 проба в месяц, полученная из всех проб, отобранных из грузовика; пух в грузовиках: 1 проба в месяц, полученная из 1 разовой пробы из грузовика;

корабль: серия из 4 проб с корабля, составленных из разовых проб, отбираемых каждые 20 мин. Серия проб смешивается в лабораторную пробу.

[l] — Межлабораторный контроль с участием 54 лабораторий.

[m] — Рабочее состояние топлива.

[n] — Лабораторией получено 17 анализов, другими n.a.

Таблица Д.6 — Обзор граничных состояний и распределения кадмия по данным твердого топлива из бытовых отходов

Обозначение	Количество анализов < предела обнаружения	Доля анализов со значением < предела обнаружения	Количество анализов > предела обнаружения	Доля незапротоколированных анализов	Тип распределения [a]
AT 1	n.a.	n.a.	12/7,5	12 %	Асимметричное правое
AT 2	n.a.	n.a.	6/15	7 %	Асимметричное правое
AT 3	n.a.	n.a.	4/15	5 %	Логарифмически нормальное
AT 4	n.a.	n.a.	0/7,5	0 %	Логарифмически нормальное
B 1	40	93 %	2/7,5	5 %	Асимметричное правое
B 2	39	87 %	3/7,5	7 %	Асимметричное правое
B 3	30	100 %	0/7,5	0 %	Не подлежит оценке
B 4	44	100 %	0/7,5	0 %	Не подлежит оценке
B 5	64	100 %	0/7,5	0 %	Не подлежит оценке
B 6	704	100 %	0/7,5	0 %	Не подлежит оценке
B 7	11	100 %	0/7,5	0 %	Не подлежит оценке
B 8	42	100 %	0/7,5	0 %	Не подлежит оценке
FIN 1	0	0 %	1/7,5	2 %	Асимметричное правое
GE 1	9	10 %	0/7,5	1 %	Асимметричное правое
GE 2	0	0 %	0/7,5	0 %	Асимметричное правое
GE 3	n.a.	n.a.	3/7,5	4 %	Асимметричное правое
GE 4	n.a.	n.a.	n.a.	6 %	Асимметричное правое
GE 5	n.a.	n.a.	n.a.	6 %	Асимметричное правое
GE 6	17	29 %	n.a.	0 %	Асимметричное правое
IT 1	0	0 %	2/7,5	3 %	Асимметричное правое
IT 3	0	0 %	0/7,5	0 %	(Логарифмически нормальное)

Окончание таблицы Д.6

Обозначение	Количество анализов < предела обнаружения	Доля анализов со значением < предела обнаружения	Количество анализов > предела обнаружения	Доля незапротоколированных анализов	Тип распределения [a]
N 1	0	0 %	0/7,5	0 %	(Асимметричное правое)
N 2	0	0 %	0/7,5	0 %	(Асимметричное правое)
N 3	n.a.	n.a.	0/7,5	0 %	(Асимметричное правое)
NL 1	6	23 %	3/7,5	11 %	(Асимметричное правое)
NL 2	12	46 %	2/7,5	8 %	(Асимметричное правое)
NL 3	5	17 %	1/7,5	3 %	(Логарифмически нормальное)
NL 4	4	8 %	0/7,5	0 %	Асимметричное правое
SE 1	0	0 %	0/7,5	0 %	(Асимметричное правое)
SE 2	0	0 %	0/7,5	0 %	Асимметричное правое
SE 3	0	0 %	0/7,5	0 %	(Асимметричное правое)
SE 4	0	0 %	0/7,5	0 %	Асимметричное правое
Всего / в среднем	1045	42 %	–	2 %	
[a] В скобках, когда количество данных больше 40.					

Таблица Д.7 – Обзор статистических результатов, представленных типов твердого топлива из бытовых отходов для Cd

Обозначение	Среднее мг/кг	Среднее арифметическое мг/кг	80-процентильное, мг/кг	90-процентильное, мг/кг	Максимум, мг/кг	Стандартное отклонение, мг/кг	Относительное стандартное отклонение, мг/кг	Отношение 80- и 50-процентильных значений	Геометрическое среднее, мг/кг
AT 1	3	3,80	4,8	8,42	13,9	2,60	68 %	1,6	3,09
AT 2	6,00	6,85	11,2	13,2	26,3	5,96	87 %	1,87	4,41
AT 3	5,30	6,12	8,32	10,68	20,7	4,03	66 %	1,57	4,87
AT 4	0,7	1,07	1,6	2,54	4,9	1,03	96%	2,29	0,74
B 1	1,00	1,77	1,00	1,00	23,00	3,53	200 %	1,00	1,17
B 2	1,00	1,73	1,00	2,00	12,00	2,40	138 %	1,00	1,24
B 3	3,90	3,90	3,90	3,90	3,90	0,00	0 %	1,00	3,90
B 4	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	0,00	0 %	1,00	5,60
B 5	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50	0,00	0 %	1,00	11,50
B 6	4,10	4,10	4,10	4,10	4,10	0,00	0 %	1,00	4,10
B 7	3,70	3,70	3,70	3,70	3,70	0,00	0 %	1,00	3,70
B 8	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	0,00	0 %	1,00	3,70
FIN 1	0,80	1,30	1,40	2,09	15,20	2,33	179 %	1,75	0,71
GE 1	0,71	1,04	1,52	2,02	7,65	1,04	101 %	2,14	0,74
GE 2	0,87	1,24	1,67	2,53	5,33	1,04	84 %	1,92	0,97

Окончание таблицы Д.7

Обозначение	Среднее мг/кг	Среднее арифметическое мг/кг	80-процентильное, мг/кг	90-процентильное, мг/кг	Максимум, мг/кг	Стандартное отклонение, мг/кг	Относительное стандартное отклонение, мг/кг	Отношение 80- и 50-процентильных значений	Геометрическое среднее, мг/кг
GE 3	2,55	3,13	4,18	5,41	10,00	1,81	58 %	1,64	2,73
GE 4	1,00	1,10	1,30	1,50	10,00	0,83	75 %	1,30	0,95
GE 5	1,00	1,10	1,30	1,50	10,00	0,83	75 %	1,30	0,95
GE 6	0,80	1,19	2,50	2,50	3,50	0,97	82 %	3,13	0,83
IT 1	1,36	1,79	2,20	2,47	8,76	1,40	78 %	1,62	1,51
IT 3	1,25	1,64	1,75	2,44	5,55	1,28	78 %	1,40	1,38
N 1	0,55	0,81	0,74	1,06	5,70	1,20	147 %	1,35	0,54
N 2	0,49	0,69	0,94	1,40	1,86	0,48	70 %	1,91	0,55
N 3	0,63	0,68	1,00	1,03	1,55	0,35	52 %	1,59	0,58
NL 1	2,20	5,56	6,18	15,05	36,80	8,89	160 %	2,82	2,65
NL 2	0,80	2,83	1,28	2,38	42,90	8,37	296 %	1,60	0,96
NL 3	1,10	1,53	1,80	3,00	8,10	1,67	109 %	1,64	0,94
NL 4	1,60	1,80	2,60	3,20	6,60	1,20	67 %	1,63	1,30
SE 1	0,62	1,25	1,76	2,33	5,63	1,34	108 %	2,83	0,83
SE 2	0,42	0,55	0,64	1,04	2,45	0,44	79 %	1,51	0,45
SE 3	0,86	1,12	1,27	1,57	2,91	0,56	50 %	1,47	1,03
SE 4	0,56	0,75	0,90	1,29	5,97	0,85	113 %	1,68	0,55
Всего/в среднем	2,15	2,63	3,02	3,92	10,28	1,76	85 %	1,61	2,16

Приложение Е
(справочное)

Обзор вторичного топлива и качества твердого топлива из бытовых отходов

Е.1 Источник твердого топлива из бытовых отходов

Твердое топливо из бытовых отходов производят из неопасных отходов упомянутых категорий, указанных, например, в списке BGS [13]. Однако шины, сухой муниципальный шлам и другие неопасные отходы также используют в производстве твердого топлива из бытовых отходов.

Е.2 Обзор качества твердого топлива из бытовых отходов

Таблицы, основанные на информации из нескольких стран — членов Европейского союза, дают общее представление о составе вторичного топлива [2], [12], [14]. Сравнение данных затрудняется применением различных методов отбора и подготовки проб и анализа. Особенно сильное влияние на конечный результат могут оказывать отбор и подготовка проб. Исходя из практических соображений число анализов условно можно использовать в качестве показателя достоверности данных. Это значит, что данные о твердом топливе из бытовых отходов основаны как минимум на 10 анализах, результаты которых показаны в скобках. Эти данные не рассматриваются в обзоре, представленном в таблицах 7—10 пункта 3.

Таблица Е.1 — Обзор качества твердого топлива из бытовых отходов [a] (источник - MSW)

Характеристики		SBS 2		Сухой остаток		SBS 1		TST		PP1		PP2		Tunka 2-15		PPmix		Итальянское ТТБО	
Параметры	Ед. изм	m	80 p	m	max	m	80 p	m	80 p	m	80 p	m	80 p	m	80 p	m	80 p	m	80 p
NCV	МДж/кг (ar)	19,9	22,2	13,9	15,3	15,4	17,8	15,2	16,8	17,5	19,2	14,4	15,0	9,8	11,4	14,3	15,9	17,6	18,6
Влага	%	15,4	20,5	31,8	39,0	24,4	31,5	13	19	30,0	31,3	28,7	30,5	15,3	16,2	23,2	—	11,7	15,1
зольность	% (ar)	10,1	13,0	7,4	9,9	12,6	14,9	—	—	7,3	9,2	10,3	12,0	35,0	42,1	10,7	12,8	16,5	19,3
Cl	% (ar)	0,61	0,88	0,25	0,75	0,34	0,44	0,49	0,81	0,23	0,43	0,57	0,71	0,45	0,49	0,45	0,63	0,79	0,83
Hg	мг/кг (ar)	0,17	0,19	0,09	0,26	0,19	0,37	0,31	0,46	0,17	0,17	0,21	0,41	0,68	0,78	0,28	0,41	0,47	0,83
Cd + Tl	мг/кг (ar)	1,70	3,92	0,70 [b]	2,39 [b]	0,78	1,3	1,44	1,83	2,0	4,6	0,85	1,57	3,05	3,73	1,61	2,46	2,14	2,44
∑ тяж.мет.	мг/кг (ar)	272	737	(281)	(860)	283	853	595	1025	232	298	284	674	895	1043	216	325	457	581
Hg	мг/МДж (ar)	0,008	0,009	0,006	0,018	0,012	0,024	0,020	0,030	0,010	0,010	0,015	0,029	0,069	0,079	0,019	0,029	0,026	0,047
Cd + Tl	мг/МДж (ar)	0,085	0,196	0,050	0,172	0,051	0,084	0,095	0,120	0,116	0,264	0,059	0,109	0,311	0,380	0,112	0,172	0,121	0,138
∑ тяж.мет.	мг/МДж (ar)	13,7	37,0	20,2	61,9	18,4	55,4	39,1	67,4	13,3	17,0	19,7	46,8	91,3	106	15,1	22,7	26,0	33,0

[a] — Обзор выбора качества твердого топлива из бытовых отходов. Значение медианы NCV (на рабочее состояние топлива) используют для расчета медианы (m) и 80-процентильного значения (80 p) удельной концентрации (мг/МДж). Данные в скобках обозначают менее 10 анализов.

[b] — Для Tl не существует достоверного результата. Суммарное значение Cd и Tl определяется путем умножения показаний Cd на 1,3, что является довольно заниженным подходом по сравнению с данными, указанными в приложении I.

SSB 1 и 2 производится из автоматически сортируемой фракции твердых бытовых отходов с высокой теплотой сгорания. Для анализа был взят предел обнаружения этого значения < 50 %.

ar — Рабочее состояние топлива.

Таблица Е.2 — Обзор качества твердого топлива из бытовых отходов [a] (промышленные значения, отобранные по источникам)

Характеристики		Пух		RDF гранулы		Деревянные гранулы		Дерево/ бумага		BPG		Цемент		Известь		Норвежское ТТБО	
Параметры	Ед. изм.	m	80p	m	80p	m	80p	m	80p	m	80p	m	80p	m	80p	m	80p
NCV	МДж/кг (ar)	13,6	18,6	18,1	18,7	13,0	14,0	16,9	17,8	21,8	23,9	26,0	29,0	31,0	32,1	13,0	14,8
Влага	%	23,5	28,8	2,9	3,5	25,7	33,8	13,8	21,9	9,9	15,3	6,9	15,6	1,6	3,3	23,5	—
Зольность	% (ar)	7,2	9,4	15,8	16,1	2,1	3,6	5,0	7,9	8,9	10,7	11,0	13,0	3,0	9,5	—	—
Cl	% (ar)	0,11	0,29	0,58	0,58	0,04	0,07	0,1	0,3	0,39	0,58	0,6	1,0	0,4	0,9	0,22	0,31
Hg	мг/кг (ar)	0,11	0,17	0,19	0,029	0,07	0,07	0,09	0,43	0,09	0,12	<1,0	<1,0	<1,0	<2,0	0,38	0,69
Cd + Tl	мг/кг (ar)	0,46	0,71	1,09	1,39	0,10	0,10	0,54 [b]	2,18 [b]	0,98	2,17	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	0,63 [b]	0,99 [b]
∑ тяж.мет.	мг/кг (ar)	227	455	595	1763	178	429	(262)	(348)	141	305	324	576	190	325	—	—
Hg	мг/МДж (ar)	0,008	0,012	0,010	0,016	0,005	0,005	0,005	0,025	0,004	0,005	<0,036	<0,036	<0,032	<0,063	0,029	0,053
Cd + Tl	мг/МДж (ar)	0,034	0,052	0,060	0,077	0,008	0,008	0,032	0,129	0,045	0,099	<0,036	<0,036	<0,032	<0,032	0,048	0,076
∑ тяж.мет.	мг/МДж (ar)	16,7	33,4	32,9	97,4	13,7	33	(15,5)	(20,6)	6,5	14,0	12,5	22,1	6,1	10,5	—	—

[a] — Обзор выбора качества твердого топлива из бытовых отходов. Значение медианы NCV (на рабочее состояние топлива) используют для расчета медианы (m) и 80-процентильного значения (80p) удельной концентрации (мг/МДж). Данные в скобках обозначают менее 10 анализов. Для древесины/бумаги 80-процентильные значения были недоступны, использованы максимальные значения.

[b] — Для Tl не существует достоверного результата. Суммарное значение Cd и Tl определяется путем умножения показаний Cd на 1,3.

Пух: смесь бумаги, пластика и древесины из отобранных бытовых отходов.

RDF: пеллеты, производимые из отобранных бытовых отходов.

Дерево: обработанная древесная щепа.

Дерево/бумага: произведено в Тампере с использованием выбранного источника бытовых отходов, смешанного с деревом.

BPG: произведены из раздельных источников компанией RWE Umwelt.

Цементные гранулы: произведено из источников отобранных бытовых отходов с максимальным остатком в 25 % после переработки отходов от упаковки из пластика/металла.

Известковые гранулы: произведены из той же категории отходов, что и цементные гранулы.

Норвежское ТТБО: производится из отобранных бытовых и промышленных отходов.

ar — рабочее состояние топлива.

Таблица Е.3 — Обзор качества[a] твердого топлива из бытовых отходов, произведенного для печей для обжига цемента

Характеристики		ТТБО 1		ТТБО 2		ТТБО 3		ТТБО 4		ТТБО 5		ТТБО 6	
Параметры	Ед. изм.	m	80p	m	80p	m	80p	m	80p	m	80p	m	80p
NCV	МДж/кг (ar)	10	12	4	4,6	3,2	3,4	11,7	12,8	7,1	10,3	25,5	25,8
Влага	%	23,3	32	46,9	48,5	73,9	75	27,2	34	19,8	23,4	0,5	0,9
Зольность	% (dry)	50,8	68,9	52,6	57,4	35,2	38,4	14,9	18	42,2	42,5	<1	<1
Cl	% (ar)	0,29	0,44	0,07	0,14	0,32	0,4	0,3	0,44	0,77	0,82	1,7	2
Hg	мг/кг (ar)	<0,5	0,64	0,5	0,5	1,3	2,5	0,5	1,6	0,5	0,5	<0,5	<0,5
Cd + Tl	мг/кг (ar)	<3	3	<3	3	<3	3	<3	3	<3	<3	<3	<3
∑ тяж.мет.	мг/кг (ar)	1305	1562	280	466	223	260	1068	1554	463	618	180	270
Hg	мг/МДж (ar)	<0,05	0,064	0,125	0,125	0,406	0,781	0,042	0,137	0,070	0,070	<0,02	<0,02
Cd + Tl	мг/МДж (ar)	<0,3	0,30	<0,75	0,75	<0,93	0,94	0,26	0,26	<0,42	0,42	<0,12	<0,12
∑ тяж.мет.	мг/МДж (ar)	130	156	70	116	69,7	81,2	91,3	133	65,2	87	7,0	10,6

[a] — Обзор выбора качества твердого топлива из бытовых отходов. Значение медианы NCV (на рабочее состояние топлива) используют для расчета медианы (m) и 80-процентильного значения (80p) удельной концентрации (мг/МДж). Данные в скобках обозначают менее 10 анализов. Концентрация магния не определялась.

ТТБО 1—6 используются для печей для обжига цемента в качестве топлива и в зависимости от зольности в качестве заменителя сырья. Это означает, что состав золы должен соответствовать требованиям относительно качества печи (клинкера).

[b] — Концентрация Cd и Tl часто бывает ниже предела обнаружения. В таких случаях, когда оба элемента ниже предела обнаружения, во внимание принимается только предел обнаружения Cd.

Источники твердого топлива из бытовых отходов 1—6:

ТТБО 1: в основном фильтрат (высушенный или влажный) из бытового и промышленного шлама сточных вод и опилки.

ТТБО 2: в основном влажный фильтрат из промышленных отходов, смешанных с опилками.

ТТБО 3: в основном влажный фильтрат.

ТТБО 4: в основном древесные отходы, фильтрат, осадок гидроокиси алюминия, отработанный активированный уголь.

ТТБО 5: в основном полимерные смолы, отработанный активированный уголь, отбеливающая земля.

ТТБО 6: полимеры.

Приложение Ж
(справочное)

Тяжелые металлы в твердом топливе из бытовых отходов

Ж.1 Твердое топливо или сырье, используемые в производстве энергии и цементного клинкера, содержат тяжелые металлы. Использование вторичного топлива и материалов может повысить дисперсию тяжелых металлов в окружающую среду посредством выбросов в воздух и (или) выщелачивания из продукции. Поэтому особое внимание уделяют предотвращению недопустимых выбросов в атмосферу в процессе сжигания топлива или в воду в результате выщелачивания продукта.

В данном приложении представлен состав первичного и вторичного топлива и первичного сырья. В нем описаны более конкретные ситуации, касающиеся Hg. Предельные значения тяжелых металлов установлены в 5.2, таблицах 17 и 19 и описаны относительно использования в технологии.

Ж.2 Обзор концентраций тяжелых металлов

Таблица Ж.1 дает представление о концентрациях тяжелых металлов.

Таблица Ж.1 — Обзор концентрации тяжелых металлов

Характеристики		Сырье			Твердое топливо														
Параметры	Ед. изм	Глина и аргиллит	Известь, известковый мергель, мел	Летучая зола	Каменный и бурый уголь	Каменный уголь		Бурый уголь		Сточные воды, ил	Бытовые сточные воды, ил	SBS 1		RDF		ТТБО 1		Шины
						ср	max	ср	max			медиана	80р	медиана	80р	медиана	80р	
NVC	МДж/кг	—	—	—	7—38	27,8	27,8	22,2	24,2	9—12	n.a.	21,2	24,3	18,1	19,5	13,7	16,3	25
Влага	%	n.a.	n.a.	—	3—60	—	—	52,7	54,4	65—75	77,5	24,4	31,5	2,9	3,5	23,3	32	2
Зола	мг/кг	n.a.	n.a.	—	3—17	—	—	—	—	40—60	n.a.	12,6	14,9	15,8	16,1	39,0	52,8	15—20
Hg	мг/кг	0,02—0,15	< 0,01—0,13	0,007—0,61	0,1—3,3	0,2	1,2	0,05	0,9	0,2—4,5	< 1,2	0,25	0,45	0,2	0,3	0,65	0,83	0,17
Cd	мг/кг	0,02—0,3	0,04—0,7	< 0,10—7,3	< 0,1—10	0,3	10	0,01	0,35	4—6,5	< 1,7	0,84	1,72	1,1	1,4	6,52	14,3	8 (max)
Tl	мг/кг	0,7—1,6	0,05—1,6	< 0,40—4,6	0,1—5,5	0,3	1,2	0,09	0,2	n.a.	n.a.	0,18	0,18	0,02	0,03	3,91	3,91	0,26
Sb	мг/кг	n.a.	< 1—3	< 1—11	0,4—2	2,5	9	0,24	2,4	2,4—8,5	n.a.	11,3	19,8	14,7	23,1	26,1	48,2	0,01
As	мг/кг	13—23	0,2—20	0,3—187	1—50	13,6	50	0,82	2,5	4—9,2	< 13	0,35	1,13	1,2	1,8	7,82	18,2	5—20
Pb	мг/кг	10—40	0,3—21	3,2—209	1,5—273	68	270	0,81	4	15—412	159	44,9	59,8	157	215	455	856	410
Cr	мг/кг	20—109	1,2—21	6,4—314	1,5—81	26,5	80	5,1	15	40—108,6	30	60,0	114	33,9	46,5	278	322	97—150
Co	мг/кг	10—20	0,5—5	2,1—103	< 1—40	16,7	40	3,5	15	2—13,4	n.a.	4,3	7,3	3,6	5,4	16,9	26,1	200
Cu	мг/кг	n.a.	3—12	4,1—391	1—100	33	60	1,2	4	30—434	363	91,3	552	266	1372	498	755	15
Mn	мг/кг	n.a.	< 250	—	82—250	125	315	116	260	210—1000	n.a.	54,9	71,6	117	125	n.d.	n.d.	n.d.
Ni	мг/кг	11—70	1,5—21	19—212	< 1—100	45	96	9,3	11	30—57	28	12,2	23,5	15,4	23,3	128	177	10—77
V	мг/кг	98—70	4—80	24—466	1—200	75	180	2	4	9—35,4	n.a.	4,15	4,69	3,3	3,8	45,6	61,3	1—5

Примечание — Гранулы SBS 1, RDF и ТТБО 1 представляют собой твердое топливо из бытовых отходов, упомянутое в приложении Д. SBS 1 производят из автоматически сортируемой фракции твердых бытовых отходов с высокой теплотой сгорания, RDF производят из отобранного источника промышленных отходов. ТТБО 1 производят для цементной промышленности.

Ж.3 Содержание Hg в твердом топливе из бытовых отходов

Источники твердого топлива из бытовых отходов и вторичного топлива — это твердые бытовые отходы, осадки сточных вод, отходы технических и промышленных отходов. Среднее содержание Hg в твердых бытовых отходах снизилось с 4 мг/кг (1990 г.) до 2 мг/кг (1997 г.). Этот результат был слишком велик из-за снижения содержания ртути в аккумуляторах. Следовательно, например, в Дании ежегодное потребление ртути изменились от 18 т/год в 1982/83 гг. до 3,3 т/год в 2001 г.

Уменьшение ртути в промышленных отходах выражается уменьшением концентрации в BPG (твердое топливо из бытовых отходов, вторичное топливо, произведенное из отобранных источников промышленных отходов). См. рисунок Ж.1.

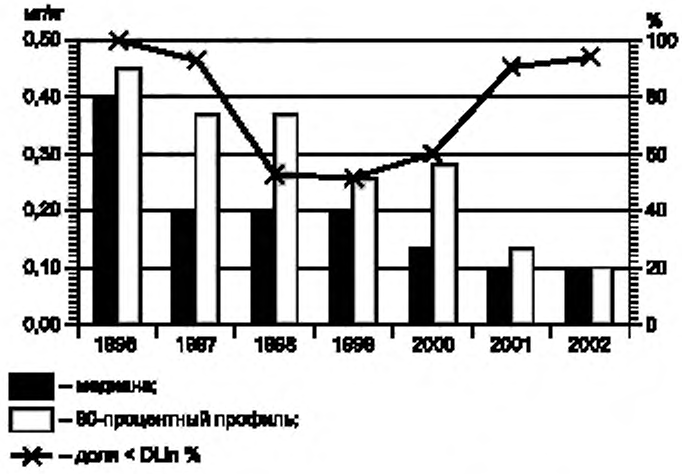


Рисунок Ж.1 — Изменения концентрации ртути в BPG

Примечание — Для анализов < в качестве предела обнаружения было принято 50 % от этого значения.

Кроме того, содержание ртути снижается в осадках сточных вод, см. таблицу Ж.2.

Таблица Ж.2 — Содержание Hg в сточных водах (Швеция)

Год	Hg, мг/кг (на сух. сост. топлива)
1973	7
1983	5
1993	2,5
1998	1,8
2000	1,5

Можно сделать вывод о том, что содержание ртути уменьшается в отходах у стран, которые приняли меры, например, по отдельному сбору аккумуляторов. Поэтому содержание ртути во вторичном топливе уменьшится в дальнейшем.

Ж.4 Влияние выбросов тяжелых металлов

Ж.4.1 Печь для обжига цемента

Факторы, определяющие поведения выбросов отдельных тяжелых металлов, являются исходными условиями, от которых зависит поведение топлива в печи, а также эффективность коллектора для сбора пыли. Для сухого процесса в условиях процесса обжига клинкера такие элементы, как As, Cr, Cu, Ni, Zn, Be и V, попадают в печь с сырьем и топливом, более и менее полно высвобождаются из системы печи вместе со шлаком. Тем же способом Pb и Cd более и менее полно улавливаются клинкером. В системе циклонов подогревателя печи выделение Pb и Cd с клинкером находится в равновесии с более и менее прогнозируемым круговоротом Pb и Cd между печью и подогревателем.

Tl и Hg не поглощаются клинкером. Соединения Tl выпариваются в роторной печи и конденсируются в циклоне подогревателя печи при температуре от 450 °С до 550 °С в верхней части подогревателя. Внешний цикл Tl

устанавливается через пылевидное газообразное сырье, в результате процесса внутреннему циклу свойственно «переполнению». Уровень выбросов Tl определяют уровнем его концентрации во внешнем цикле и эффективностью коллектора для сбора пыли. Hg образует газообразные компоненты, которые конденсируются на частицах сырья в области пылесборника. Конденсация и, следовательно, отвод Hg увеличивается с уменьшением выходных температур. Это означает, что соединения Hg практически полностью удаляются в электрофильтре системы печи.

Ж.4.2 Угольные электростанции

Тяжелые металлы, связанные в большинстве ископаемых видов топлива, выделяются при сжигании и могут высвобождаться в атмосферу в виде частиц или пара. Металлы разделяются на несколько исходящих потоков, в основном отходы сжигания, такие как летучая зола, а также дымовой газ, который поступают вниз по течению в устройства контроля за загрязнениями. Из-за большого количества топлива, потребляемого при производстве энергии, в окружающую среду может выделиться большое количество потенциально опасных тяжелых металлов. Большая часть металлических элементов связывается с твердыми частицами. Летучие элементы преимущественно конденсируются на поверхности мелких частиц в отходящих газовых потоках из-за большей площади поверхности. Из-за того, что летучие металлические элементы обогащаются в мелкозернистых частицах материала, передаваемого на выходе камеры сжигания, выбросы этих элементов в большей степени зависят больше от эффективности системы очистки газов, чем от метода преобразования топлива. Электростатические и тканевые фильтры обычно используются для удаления гранулированного вещества из дымовых газов, получаемых на заводах по сжиганию твердого и жидкого топлива. Эти системы могут работать с общей эффективностью > 99,9 %. Однако эффективность очистки обычно ниже в диапазоне частиц с меньшими размерами, то есть в диапазоне размеров, в котором можно найти частицы, обогащенные металлическими элементами. Тканевые фильтры лучше контролируют мелкие частицы вещества и менее чувствительны к загрузке частиц и характеристикам летучей золы. Эффективность сбора может быть увеличена за счет использования кондиционирования дымовых газов с небольшим количеством добавок, вносимых в поток газа на входе в фильтр. Влажный сепаратор газа системы FGD представляет собой эффективный метод снижения выбросов некоторых металлов. Это происходит главным образом потому, что температура дымовых газов, проходящих через поглотитель, снижается до 50 — 60 °С, что позволяет многим более летучим соединениям конденсироваться из паровой фазы.

Вторичные топлива, такие как осадки сточных вод и некоторые другие твердые топлива из бытовых отходов, могут содержать некоторые тяжелые металлы в более высоких концентрациях, чем обычное топливо, см. таблицу Ж.1. Некоторые более летучие металлические компоненты, такие как Cd, Hg и Tl, остаются в паровой фазе или в ультрадисперсном дыме. При рассмотрении вторичного топлива концентрация Hg, как правило, является наиболее важной по сравнению со всеми остальными элементами из-за ее летучести.

В [22] описаны некоторые примеры заводов, на которых сжигается вторичное топливо. В одном примере рассматривается пыль каменного угля DBB, с использованием высушенного осадка сточных вод в качестве вторичного топлива (от 2,2 до 4,7 % высушенного осадка). Выбросы в атмосферу летучих тяжелых металлов, таких как мышьяк и ртуть, теоретически могут повышаться из-за попутного сжигания остатков сточных вод. Практические данные представлены в таблице Ж.3.

Таблица Ж.3 — Значения выбросов

Параметры	Сжигание угля (мг/нм^3)	Попутное сжигание (мг/нм^3)
∑ Cd, Tl	< 0,005	< 0,005
Hg	от 0,003 до 0,0012	от 0,0001 до 0,0013
∑ Sb, As, Pb, Cr, Co, Mn, Ni, V, Sn	< 0,075	< 0,075

Содержание ртути в осадках сточных вод колеблется от 0,4 мг/кг до 1,6 мг/кг (на сухое состояние топлива). В каждом из видов отходов производства (зола, гипс, сточные воды) были измерены не значимые концентрации диоксинов/фуранов. Повышение содержания тяжелых металлов в отходах производства было незначительным, и качество отходов производства практически не изменилось. Таким образом, котельная зола, летучая зола и гипс могут быть восстановлены в обычном порядке.

Ж.5 Накопление тяжелых металлов в продукции

Вопрос соответствующего накопления тяжелых металлов в клинкере, включая поведение переработанного бетона, был тщательно исследован, например, Ассоциацией немецких цементных заводов (VDZ) [21]. Хотя использование вторичного топлива в Германии возросло практически в два раза от примерно 10 % в 1994 г. до примерно 19 % в 1998 г., диапазон содержания тяжелых металлов не изменился. Результаты и основные выводы:

Существуют значительные различия между основными характеристиками различных микроэлементов.

В подтверждение результатов проведенных исследований можно выделить три категории элементов на основании их схожего поведения при выщелачивании:

- «Регулярные» металлы, такие как Pb, Cu, Cd, Ni и Zn, проявляют минимальную выщелачиваемость в диапазоне pH от 8 до 11.

- Элементы, встречающиеся в виде «оксианионов», такие как Cr, Mo, As, Sb и V (например, хромат CrO^4, арсенат AsO^4) с применением максимального выщелачивания при нейтральном или слегка щелочном pH.
- Растворимые соли, совсем не зависящие от pH. Только некоторые компоненты ведут себя подобным образом в цементной системе.

Не существует систематической корреляции между общим содержанием микроэлементов в цементном растворе и выщелачивании из раствора, даже в случае самых неблагоприятных условий.

Таблица Ж.4 отражает соотношения между максимально «доступным» содержанием микроэлементов и «общей» концентрацией микроэлементов (рассчитанных на раствор), выраженные в процентах. Соотношение между количеством выщелаченного компонента в баке для выщелачивания и общим содержанием данного компонента также выражено в процентах. Из таблицы видно, что нет определенной тенденции и корреляции в отношении исследованных микроэлементов. Общее содержание микроэлементов в цементе может превышать выбросы микроэлементов как отслеживаемые при испытаниях с выщелачиванием, так и в исследованиях на «пригодность» существенных факторов. Таким образом, еще раз было подтверждено, что использование общей концентрации микроэлементов в цементе в качестве инструмента регулирования не имеет научной основы. Be, Hg, Tl и Sn не рассматриваются в таблице из-за ограниченных данных или данных ниже предела обнаружения.

Таблица Ж.4 — Соотношение между «общей» и «пригодной»[a] концентрациям и микроэлементов, вещелаченных при испытании партии (/L/S=10, pH 8 контроль) и при испытании в баке для выщелачивания для промышленного и особого цемента

Элементы	Пригодность у среднее значение	Партия (нейтральный pH). среднее значение	Испытания в котле для выщелачивания (100y), среднее значение
As	12	0,5	0,001
Ba	64	11	0,02
Cd	54	1,8	0,004
Co	93	4,4	0,002
Cr	53	9,9	0,002
Cu	72	0,3	0,002
Mn	79	3,5	0,000
Mo	34	8,8	0,003
Pb	30	0,8	0,0003
Sb	16	3,0	0,0008
Sn	3	0,3	0,003
Sr	99	22	—
V	11	0,9	0,003
Zn	74	0,9	0,5

[a] «Доступность» означает количество выщелаченного вещества при pH=4 и ниже при размере частиц < 125 мкм. Концентрации всех микроэлементов указаны в процентах от общего.

Ж.6 Предельные значения для Hg и Cd

Расчет возможных максимальных значений для различных технологий и предельных значений классов приведены в таблице Ж.5.

Таблица Ж.5 — Технология и классы, которые могут быть приняты[a]

Границы	Цемент	Каменный уголь		Бурый уголь	FBC	FBC (AC)
		DBB	WBB[b]			
Hg средн. знач.	1,2,3,4	1,2	1,2	1,2,3	1	1,2,3,4
80-процентильное знач.	1,2,3,4	1,2	(1)	1,2	—	1,2,3

Окончание таблицы Ж.5

Границы	Цемент	Каменный уголь		Бурый уголь	FBC	FBC (AC)
		DBB	WBB[b]			
Cd средн. знач.	1,2,3,4	1,2,3	1	1,2	1,2	1,2,3,4,5
80-процентильное знач.	1,2,3	1,2	1	1	1,2	1,2,3,4,5

[a] Принимается, что среднее значение для твердого топлива из бытовых отходов рассчитывают по минимум 10 анализам. В качестве граничных значений используют среднее значение и не используют 80-процентильное значение класса, так как средние значения могут быть адекватными по сравнению с предельными значениями WID [9]. Как описано в 5.2.6, запас прочности в классификации уже существует. Более того, все расчеты основаны на 100 % замещении, что не используется в практике угольных электростанций, которые в долгосрочной перспективе могут иметь замещение 20 %. 80-процентильное значение показано для информации.

[b] Базы данных TF WBB весьма ограничены и выводятся весьма консервативно. Опыт работы с твердым топливом из бытовых отходов и углем на заводах такого типа показал, что предельные значения выбросов достижимы. Топливная смесь, сырье и конкретное TF совместно определяют фактические выбросы.

Твердое топливо из бытовых отходов с высокой зольностью может быть использовано для цементных печей и FBC (AC), в которых могут достигаться наибольшие максимальные значения. Обе технологии могут использовать классы 1, 2 и 3 при 80-процентильном уровне твердого топлива из бытовых отходов или даже класс 4 при среднем значении твердого топлива из бытовых отходов.

Наработан богатый опыт работы в использовании отходов с высокой зольностью в цементных печах, таких как фильтровальные осадки, влажные или сухие осадки сточных вод. В них наиболее применимо твердое топливо из бытовых отходов с низкой теплотой сгорания. Этот тип восстановления является альтернативным, особенно для отходов класса 3. Отходы класса 3 могут содержать патогенные примеси, тяжелые металлы и другие потенциально токсичные элементы, органические загрязнения. Пункт 5 таблицы 18 дает основанные на правиле 50 % шесть примеров класса 4 твердого топлива из бытовых отходов и 4 примера класса 5 твердого топлива из бытовых отходов. Было определено, что по отношению к использованию классов топливная смесь и TF завода являются определяющими факторами производства. Это означает, что классы 4 и 5 твердого топлива из бытовых отходов могут быть использованы также в цементной печи, которая применяется в существующей практике.

Максимальные значения тяжелых металлов в твердом топливе из бытовых отходов устанавливаются в соответствии с максимальными значениями для смешанных отходов. В Нидерландах максимум для Hg — 10 мг/кг на сухое состояние топлива. В Бельгии, Франции и Испании максимальное содержание Hg от 5 до 10 мг/кг на рабочее состояние топлива. Максимальное содержание Cd (и Tl) в Нидерландах 100 мг/кг на сухое состояние топлива для каждого элемента. Практический опыт показывает, что существует большая разница между максимально допустимым и средним значениями, так что выбросы соответствуют предельным значениям WID. Максимальные значения для Hg, Cd (+ Tl) в твердом топливе из бытовых отходов не влияют на реальную практику. Для суммы других тяжелых металлов производители твердого топлива из бытовых отходов разработали свои собственные стандарты. Во Франции максимальное содержание твердых металлов в основном 2500 мг/кг на рабочее состояние топлива, в Бельгии, Испании и других странах предельным показателем является 7600 мг/кг на рабочее состояние топлива. Минимальный предел значения теплоты сгорания зависит от технических возможностей.

Приложение И
(справочное)

Границы классов

И.1 Основные положения

a) границы классов основываются на техническом подходе в рамках существующей системы охраны окружающей среды.

b) классы разделяют различные качества в зависимости от требований пользователей, включая потребности, связанные с охраной окружающей среды.

c) требования в части, касающейся экономического значения (NCV), технических констант, например коррозии (Cl) и воздействия на окружающую среду (Hg и Cd в качестве индикаторов).

d) максимальное число классов равно 5.

e) значения, используемые для классификации, опираются на 10 последовательных анализов по практическим соображениям. Это число является минимальным для статистики, и данные могут быть собраны в разумные сроки.

f) классы имеют выбранные минимум и максимум статистических значений. Открытые классы для NCV и Cl необходимы для определения среднего и медианного значений для получения топливной смеси из-за требований стабильности процессов.

g) значения NCV и значения Cl обычно имеют нормальное распределение. В этом случае среднее значение будет использоваться в системе классификации. Hg и Cd имеют неравномерное распределение. В этих случаях используют медианное значение. Для Hg и Cd также используют 80-процентильное значение для обеспечения охраны окружающей среды. Медианные значения Hg и Cd могут быть использованы для расчетов загрузки твердого топлива из бытовых отходов. 80-процентильные значения могут быть использованы для проверки соответствия использования твердого топлива из бытовых отходов экологическим разрешениям.

И.2 Ранее установленные границы классов

Таблица И.1 — Ранее установленные границы классов

Свойства классификации	Обознач.	Ед. измер.	Классы				
			1	2	3	4	5
Низшая теплота сгорания (NCV)	Qp, net	МДж/кг (раб.сост.) среднее	25 < x ≤ 45	20 < x ≤ 25	15 < x ≤ 20	10 < x ≤ 15	3 < x ≤ 10
Хлор	Cl	% (раб.сост.) медиана	y ≤ 0,1	0,1 < y ≤ 0,5	0,5 < y ≤ 1,0	1,0 < y ≤ 1,5	1,5 < y ≤ 6,0
Ртуть	Hg	мг/МДж (раб.сост) медиана 80-процентильн.	<0,02 <0,04	<0,03 <0,06	<0,08 <0,16	<0,15 <0,30	<0,5 <1,0

И.3 Обсуждение

И.3.1 NCV

Для многих целей значение NCV должно находиться в диапазоне от 10 до 15 МДж/кг. Также существуют группы около 5 и 22 МДж/кг. Рассматриваемая классификация и среднее значение плюс / минус 1,96 s (меньше, чем 10 % твердого топлива из бытовых отходов — ссылка в таблице И.1), применяются в классах без перекрывания. Уменьшение стандартного отклонения применением наборов по 10 исходных данных принципиально не улучшает ситуацию. Следовательно, должны рассматриваться только минимальные значения для классов, что соответствует, например, итальянским стандартам (пункт 4). В соответствии с подходом, применяемым для Hg и Cd, в классификации используют наборы по 10 данных. Минимальные значения NCV твердого топлива из бытовых отходов показаны в таблице И.2. Класс 5 имеет минимальное значение 3 МДж/кг на рабочее состояние топлива, которое основано на опыте использования в цементных печах твердого топлива из бытовых отходов с высокой зольностью и высоким содержанием влаги.

Таблица И.2 — Обзор данных по NCV, МДж/кг (на рабочее состояние топлива)

ТТБО обозначение	x						S ст.откл/√10	Диапазон x±1,96s	
	Число данных	Медиана	Средн.	80-процентильн	Станд откл.	80/50-процентильн.		min	max
AT 1	10	12,4	12,4	12,8	0,60	1,03	0,19	12,1	12,8
AT 2	5	8,9	9,0	9,2	0,71	1,03	0,22	8,5	9,4
AT 3	3	10,2	9,6	10,5	1,42	1,03	0,45	8,8	10,5
AT 4	10	11,2	11,3	12,1	1,10	1,08	0,35	10,6	12,0
B 1	44	26,0	25,1	29,0	3,87	1,12	1,22	22,7	27,5
B 2	48	31,0	30,2	32,1	3,39	1,04	1,07	28,1	32,3
B 3	46	11,2	11,2	12,0	1,02	1,07	0,32	10,6	11,8
B 5	335	2,9	3,3	3,3	1,80	1,14	0,57	2,2	4,4
B 6	47	11,2	11,4	12,2	1,01	1,09	0,32	10,8	12,0
B 7	47	10,0	10,2	11,6	2,45	1,16	0,77	8,7	11,7
B 8	46	25,5	25,4	25,8	0,65	1,01	0,21	25,0	25,8
FIN 1	48	14,1	14,0	14,7	1,26	1,04	0,40	13,2	14,8
GE 1	249	21,7	21,9	23,4	1,89	1,08	0,60	20,7	23,1
GE 2	81	14,6	14,8	17,1	3,13	1,17	0,99	12,9	16,8
GE 3	68	12,8	12,7	14,6	2,10	1,14	0,66	11,4	14,0
GE 4	178	—	9,7	—	—	—	—	—	—
GE 5	178	—	1,6	—	—	—	—	—	—
GE 6	58	—	15,0	—	—	—	—	—	—
IT 1	64	17,6	17,6	18,5	1,50	1,05	0,47	16,6	18,5
IT 3	13	16,1	16,6	18,6	2,13	1,15	0,67	15,3	17,9
N 1	19	13,1	13,1	13,8	1,46	1,05	0,46	12,2	14,0
N 2	30	16,0	15,9	17,9	2,45	1,12	0,77	14,4	17,4
N 3	31	13,0	12,4	14,8	3,50	1,14	1,10	10,2	14,5
NL 1	22	17,6	17,3	19,3	2,48	1,10	0,78	15,7	18,8
NL 2	22	14,2	14,1	14,8	0,95	1,04	0,30	13,5	14,7
NL 3	30	14,2	14,2	15,8	1,78	1,12	0,56	13,1	15,3
NL 4	52	8,5	8,6	9,9	1,86	1,17	0,59	7,4	9,7
SE 1	31	13,3	13,2	14,4	1,39	1,08	0,44	12,3	14,0
SE 2	124	13,3	13,1	14,2	1,58	1,06	0,50	12,1	14,0
SE 3	18	18,5	18,3	18,7	0,52	1,01	0,17	18,0	18,6
SE 4	90	13,2	13,0	14,1	1,35	1,06	0,43	12,2	13,9
Сум./средн.	2047	14,7	14,1	15,9	1,8	1,1	0,6	13,5	15,7

И.3.2 Cl

Для многих целей содержание хлора в топливе должно быть ниже 0,5 % и находиться между 0,5 и 1,0 %. В котлы загружают топливо с содержанием хлора до 0,3 %. Так как только два вида твердого топлива из бытовых отходов отвечают требованиям < 0,1 % (на сухое состояние топлива) для класса 1, предполагаемая граница класса установлена на уровне < 0,2 % (на сухое состояние топлива). Граница класса 2 очень близка к классу 1 и установлена на уровне 0,6 % (на сухое состояние топлива). Максимум 5 класса определен на уровне 3 %, что является практическим способом отличия твердого топлива из бытовых отходов от других отходов. Перекрывание также является проблемой при классификации по Cl. Поэтому выбирают классы с максимальным значением. В соответствии с подходом, применяемым для других свойств классификации, используют наборы из 10 данных. Максимальные значения Cl в твердом топливе из бытовых отходов отражены в таблице И.3.

Таблица И.3 — Обзор данных по содержанию Cl в твердом топливе из бытовых отходов, МДж/кг (на сухое состояние топлива)

ТТБО обозначение	x						S ст.откл/√10	Диапазон x±1,96s	
	Число данных	Медиана	Средн.	80-процентильн.	Станд. откл.	80/50-процентильн.		min	max
AT 1	97	1,19	1,23	1,35	0,19	1,13	0,06	1,11	1,35
AT 2	25	0,68	0,81	0,92	0,44	1,36	0,14	0,54	1,09
AT 3	24	0,92	1,85	1,67	2,90	1,82	0,92	0,06	3,65
AT 4	50	0,61	0,62	0,69	0,10	1,14	0,03	0,56	0,68
B 1	126	0,60	0,75	1,00	0,65	1,67	0,21	0,34	1,15
B 2	145	0,40	0,63	0,90	0,70	2,25	0,22	0,20	1,07
B 3	46	0,42	0,43	0,49	0,10	1,17	0,03	0,37	0,49
B 5	335	1,37	1,42	1,75	0,39	1,28	0,12	1,18	1,66
B 6	47	0,34	0,38	0,49	0,14	1,44	0,04	0,29	0,47
B 7	47	0,41	0,44	0,61	0,27	1,49	0,09	0,27	0,61
B 8	46	1,75	1,75	2,00	0,26	1,14	0,08	1,59	1,91
FIN 1	42	0,39	0,40	0,50	0,21	1,30	0,07	0,27	0,53
GE 1	245	0,47	0,50	0,64	0,19	1,37	0,06	0,38	0,62
GE 2	89	0,50	0,53	0,64	0,17	1,28	0,05	0,42	0,64
GE 3	70	0,41	0,45	0,57	0,15	1,39	0,05	0,36	0,54
GE 6	55	0,10	0,18	0,20	0,23	2,00	0,07	0,04	0,32
IT 1	64	0,95	0,94	1,08	0,25	1,13	0,08	0,79	1,10
IT 3	13	0,91	0,89	0,99	0,16	1,09	0,05	0,79	0,99
N 1	20	0,05	0,05	0,08	0,03	1,60	0,01	0,03	0,06
N 2	30	0,22	0,26	0,35	0,13	1,59	0,04	0,18	0,34
N 3	31	0,29	0,34	0,40	0,21	1,38	0,07	0,21	0,47
NL 1	26	0,35	0,46	0,60	0,29	1,74	0,09	0,28	0,64
NL 2	26	0,80	0,77	1,00	0,29	1,25	0,09	0,59	0,94
NL 3	30	0,59	0,60	0,79	0,23	1,34	0,07	0,46	0,75
NL 4	49	0,55	0,56	0,62	0,11	1,13	0,04	0,49	0,63
SE 1	31	0,08	0,09	0,11	0,12	1,38	0,04	0,02	0,17

Окончание таблицы И.3

ТТБО обозначение	x						S ст.откл/√10	Диапазон x±1,96s	
	Число данных	Медиана	Средн.	80-процентильн.	Станд. откл.	80/50-процентильн.		min	max
SE 2	124	0,04	0,04	0,05	0,02	1,25	0,01	0,03	0,05
SE 3	18	0,47	0,49	0,61	0,11	1,29	0,03	0,42	0,56
SE 4	90	0,18	0,26	0,30	0,33	1,68	0,10	0,06	0,46
Сум./средн.	2041	0,55	0,63	0,74	0,32	1,42	0,10	0,42	0,83

И.3.3 Ртуть

В первом проекте документа классификации твердого топлива из бытовых отходов использовались только 80-процентильные значения. Лучшим вариантом является использование как 50-процентильного (медиана), так и 80-процентильного значений. См. приложение Д. Из характеристик твердого топлива из бытовых отходов, упомянутых в приложении Д (таблица Д.4), можно выяснить, что отношение 80-/50-процентильных значений варьируется от 1 до 4, в среднем — 1,58. Для классификации используется отношение равное 2. Максимальные 80-процентильные значения классов связаны с максимальными значениями, рассчитанными в пункте 2 (на 100 % загружаемое твердое топливо из бытовых отходов) для различных технологий. В качестве обзора см. таблицу 6. Таким образом, на этой основе могут быть сформированы классы. Пятый класс предлагается для твердого топлива из бытовых отходов, содержащего высокую концентрацию, например, осадков сточных вод или фильтрата. Максимум этих классов связан с наименьшим значением NCV и максимумом для смешанной ртути, содержащейся в отходах. Предполагается, что содержание NCV — 3 МДж/кг (на рабочее состояние топлива) и содержание Hg от 5 до 10 мг/кг (на рабочее состояние топлива). Максимум округляют с точностью до 1 мг/МДж.

Диапазон медианы и 80-процентильного значения был исследован при помощи генератора случайных чисел для некоторых видов твердого топлива из бытовых отходов. Влияние изменений медианы и 80-процентильного значения на классификацию отражено в таблице 18 раздела 5.

Максимально возможное содержание Hg рассчитано для различных технологий в разделе 2. Этот расчет возможного максимума для определенных концентраций основан на 100 % загрузке топлива. На практике электростанции ограничены в замене угля твердым топливом из бытовых отходов из-за содержания Cl и его влияния на качество золы, которая часто используется в качестве наполнителя в цементе. Ожидаемый максимум совместного сжигания на электростанциях — 20 % замещения. Замещение первичного топлива в цементных печах может варьироваться от 50 до 100 %. В специально предназначенных для использования твердого топлива из бытовых отходов электростанциях (заводы центрального отопления) загрузка твердого топлива из бытовых отходов может доходить до 100 %. Кроме того, следует отметить, что на практике заводы готовят свои собственные топливные смеси, например, из угля, твердого топлива из бытовых отходов, дерева, биомассы (например от пищевой и кормовой промышленности). Следовательно, трудно предписать использование конкретных классов для конкретных технологий. Так или иначе, пользователь несет ответственность за соблюдение предельных значений.

И.3.4 Cd

При создании классов по Cd используют тот же прием, что и для Hg. Пятый класс предполагается для твердого топлива из бытовых отходов с высоким содержанием, например, осадка сточных вод или фильтрата. Максимальное содержание Cd в смешанных отходах известно только для Нидерландов и составляет 100 мг/кг (на сухое состояние топлива), что в 10 раз превышает максимальный показатель Hg в Германии. Поэтому максимум для Hg по 5 классу по аналогии будет составлять 30 мг/МДж при условии низшего значения NCV 3 МДж/кг, а максимум содержания Cd в смешанных отходах будет 10*10=100 мг/кг (на рабочее состояние топлива).

Приложение К
(справочное)

Таллий в твердом топливе из бытовых отходов

Таллий используется в электронной аппаратуре, химическом синтезе и в частных случаях в качестве компонентов для сварки, легкоплавких сплавов, низкотемпературных термометров и оптических стекол. Концентрация Tl в твердом топливе из бытовых отходов определена для NL 1 — 4, GE 1 — 2, SE 1 — 4, см. таблицу К.1. Аналитические результаты обычно показывают значения ниже или около предела обнаружения. Пределы обнаружения, указанные в настоящем стандарте, полученные на основе анализов, отличаются от общих пределов обнаружения, заявленных производителями. Общий уровень колеблется от 0,1 до 0,4 мг/кг (на сухое состояние топлива). Диапазон предела обнаружения анализов колеблется от 0,02 до 1,1 мг/кг (на сухое состояние топлива), если крайние значения опущены. В таких случаях при очень низком пределе обнаружения от 0,02 до 0,03 мг/кг (на сухое состояние топлива) (SE 1 — 4) концентрация варьируется от 0,02 до 0,04 мг/кг (на сухое состояние топлива) (медиана) и от 0,03 до 0,10 мг/кг (на сухое состояние топлива) (80 процентиль) с наиболее высокими значениями для SE 1 (импортная древесина). В SE 3 и SE 4, полученных из смешанных промышленных отходов, концентрация колеблется от 0,02 (среднее) до 0,03 (80 процентиль). В итоге оказывается, что обычная концентрация Tl в твердом топливе из бытовых отходов ниже 0,1 мг/кг, скорее всего, даже ниже, чем 0,04 мг/кг (на сухое состояние топлива). Вклад в сумму Cd + Tl мг/МДж будет на уровне от 0,002 мг/МДж до 0,004 мг/МДж, который незначителен по сравнению с Cd.

Таблица К.1 — Данные по Tl, мг/кг (на сухое состояние топлива)

ТТБО	n	Медиана	80-процентильное значение	Максимум	Предел обнаружения, спецификация	Предел обнаружения заявленный
NL 1	26	0,35	1	2,1	0,35-1-1,1-2,1	0,4
NL 2	26	0,35	1	2,1	0,35-1-1,1-2,1	0,4
NL 3	30	1	1,1	70	0,2-0,4-0,5-0,7-1-20-70	0,4
NL 4	49	0,35	1,1	2	0,1-0,35-0,4-1,1-2	0,4
GE 1	71	0,35	0,35	0,4	0,35	0,35
GE 2	43	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
SE 1	27	0,04	0,1	0,15	0,02-0,03-0,1	0,1
SE 2	118	0,02	0,03	0,1	0,02-0,03	0,1
SE 3	17	0,02	0,03	0,1	0,02-0,03-0,1	0,1
SE 4	90	0,02	0,03	0,04	0,02-0,03	0,1

Библиография

[1] Glorius, Th. et al. "BREF Waste Treatment Solid Recovered Fuels", IAR and ERFO, Aachen (2003).

[2] Personal communications with ERFO members, (2003).

[3] N.N. "Emission control Cement plants", VDI 2094, March (2003).

[4] Baccini, P.; Brunner, P.H. "Metabolism of the Anthosphere", Springer Verlag, Heidelberg (1991).

[5] Fehringer, R.; Rechberger, H.; Brunner, P.H. "Positivliste für Reststoffe in der Zementindustrie: Methoden und Ansätze (PRIZMA)", Technische Universität Wien, Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft, Vienna (1999).

[6] Flamme, S. "Energetische Verwertung von Sekundärbrennstoffen in industnellen Anlagen — Ableitung von Maßnahmen zur umweltverträglichen Verwertung, Münsteraner Schriften zur Abfallwirtschaft Band 5", Münster (2002).

[7] N.N. "Arbeitshilfe Stoffflussanalyse bei abfallrechtlichen Beurteilungsfragen", Ministry of Environment and Nature Conservation of NRW, Düsseldorf (2000).

[8] Alwast, H. et al "Abfallverwertung in Industrieanlagen", Prognos AG on the authority of Ministry for Environment and Nature Conservation, Düsseldorf (2000).

[9] Funke, W.; Flamme, S."Auswirkungen von Schwermetall-Input-Spitzen auf den Schwermetall-Output in Feuerungsanlagen, 8. Münsteraner Abfallwirtschafstage, 27-29.01.03", Münster (2003).

[10] N.N. "Leitfaden zur energetischen Verwertung von Abfällen in Zement-, Kalk- und Kraftwerken", Prognos for the Environmental Ministry of NRW, Düsseldorf (September 2003)

[11] Meij, R. "Emissies naar de lucht van micro- en spoorelementen bij kolengestookte eenheden in Nederland", KEMA, Arnhem (1999).

[12] Personal communication Ryk, L. Soderenergi (2003).

[13] N.N. "Güte- und Prüfbestimmungen für Sekundärbrennstoffe", Bundesgütegemeinschaft Sekundärbrennstoffe e.V., Cologne (2001).

[14] Personal communication Zuchelli, L. Pirelli & C.Ambiente Spa (2003).

[15] EIPPCB "Draft Reference Document on Best Available Techniques for Large Combustion Plants", p.468, Seville, March (2003).

[16] N.N. "Bedrijfsprofiel zuiveringsslib", Regional water board province of South Holland, gost.e-ecolog.ru

[17] Velzen, D.; Langenkamp, H. "Mercury in Waste Incineration", EUR report No.18978 EN (1999).

[18] N.N." Klärschlammentsorgung in Europa", Ministery of Environment and Nature Conservation, Düsseldorf (2001).

[19] N.N."Heavy Metals in Waste", DG Environment (2002).

[20] Glorius, Th. "Entwicklungen bei der Sekundärbrennstoffproduktion der RWE Umwelt AG", Abfallkolloquium 2004, Freiberg 01.-02.10.04

[21] Schneider, M. et al. "Auswirkungen des Abfalleinsatzes in der Zementindustrie auf die Produktqualität", 13th Aachener Kolloquium Abfallwirtschaft, Aachen (2000).

[22] EIPPCB "Draft Reference Document on Best Available Techniques for Large Combustion Plants", Seville, March (2003).

[23] Theunis, J. et al. "Energetische valorisatie van hoogcalorische afvalstromen in Vlaanderen: uitstoot van zware metalen", VITO (2003).

[24] N.N. Holcim Toronto paper March-April (2003).

[25] Personal communication, Heidelberggroup (2003).

[26] Sloot, H.A. van der "Environmental Criteria for Cement Based Products, Phase 1: Ordinary Portland cement", ECN, Petten (2001).

[27] N.N. "Survey of Wastes spread on Land", European Commission, Luxembourg (2001).

[28] CEN. "Packaging-Requirements for packaging recoverable in the form of energy recovery, including specification of minimum inferior calorific value", final draft prEN 13431 (2003).

[29] AOO, Landelijk Afvalbeheersplan, deel 1 Beleidskader, hoofdstuk 16 (2002), (Dutch National Waste Management Plan)

[30] CEN/TR 14745:2003, *Solid Recovered Fuels*

[31] CR 13686:2001, *Packaging — Optimization of energy recovery from packaging waste*

[32] EN 13431:2004, *Packaging — Requirements for packaging recoverable in the form of energy recovery, including specification of minimum inferior calorific value*

УДК 662.6:543.812:006.354 ОКС 75.160.10 А19 ОКП 02 5149

Ключевые слова: топливо твердое из бытовых отходов, основные свойства

Редактор *А.В. Барандеев*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *М.С. Кабашова*
Компьютерная верстка *Е.Е. Кругова*

Сдано в набор 18.09.2014. Подписано в печать 14.11.2014 Формат 60×84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 6,98. Уч.-изд. л 6,35. Тираж 36 экз. Зак. 4663

Издано и отпечатано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru