

Категория		Название
НО	2.К	Потребление стойких органических загрязнителей и тяжелых металлов
ИНЗВ	060502	Холодильное оборудование и оборудование кондиционирования воздуха
	060504	Вспенивание (за исключением 060304)
	060507	Электрическое оборудование
МСОК		
Версия	Руководство 2019	

Основные авторы

Джероуен Куэнэн

Оглавление

1	Общие сведения	3
2	Описание источников.....	3
2.1	Описание процесса	3
2.2	Методики	3
2.3	Выбросы.....	6
2.4	Средства регулирования	6
3	Методы.....	7
3.1	Выбор метода.....	7
3.2	Подход Уровня 1 по умолчанию.....	7
3.3	Подход Уровня 2, базирующийся на технологии	7
3.4	Моделирования выбросов Уровня 3 и использование объектных данных.....	8
4	Качество данных	10
5	Глоссарий	10
6	Список использованной литературы.....	10
7	Наведение справок	11

1 Общие сведения

Выбросы, создаваемые потреблением стойких органических загрязнителей (СОЗ) и тяжелых металлов, в большинстве случаев рассматриваются как существенные выбросы (чей вклад в суммарное количество выбросов отдельно взятой страны меньше 1% от количества выбросов страны). По некоторым СОЗ, например, полихлорбифенилам (ПХБ), их применение в электрическом оборудовании может стать важным источником. Berdowsky *et al.* (1997) определили, что до 94% от всех выбросов ПХБ идут от использования электрического оборудования.

Настоящая глава не дает руководства по использованию пестицидов в сельском хозяйстве. Соответствующая информация по этому виду деятельности предоставлена в главе 4.G Сельское хозяйство, другое.

Любое другое использование СОЗ, которое может быть существенным для инвентаризации выбросов страны, указано в соответствующих главах Руководства. Поэтому, настоящая глава, в основном, сфокусирована на использовании электрического оборудования и выбросах ПХБ, создаваемых этим источником.

2 Описание источников

2.1 Описание процесса

В настоящей главе говорится о выбросах, получаемых от потребления СОЗ и тяжелых металлов. Таковые используются, например, в холодильниках, системах кондиционирования воздуха и электрическом оборудовании.

2.2 Методики

2.2.1 Использование электрического оборудования и ПХБ

Электрическое оборудование является одним из основных источников выбросов ПХБ, преимущественно, из конденсаторов и трансформаторов.

Большинство (70%) используемых конденсаторов является силовыми конденсаторами, часто используемыми конденсаторами являются высокочастотные конденсаторы (данные Гулевича и Киреева (1981) по бывшему СССР). Силовые конденсаторы используются в линиях передачи высокого и низкого напряжения или в высокочастотных передающих устройствах различного назначения, например:

- Для увеличения коэффициента производительности промышленных электроагрегатов;
- Для увеличения коэффициента производительности промышленных электрических и тепловых агрегатов;
- Для компенсации реактивного сопротивления при передаче электроэнергии на большие расстояния;
- Для отбора электроэнергии из линий электропередачи высокого напряжения;
- Для фильтрации тяговой подстанции;
- Для формирования импульсного тока и напряжения;

- Для пуска конденсаторных электродвигателей;
- В рудничных электровозах;
- В ультразвуковых установках;

Они могут использоваться как отдельные агрегаты, так и в виде сложных конденсаторных блоков или батарей.

Силовые конденсаторы, производимые в разных странах, имеют схожие параметры размера. Крупногабаритные конденсаторы высокого напряжения обычно весят 54 кг, из которых 11 кг составляют ПХБ (Агентство по охране окружающей среды США, 1987); конденсаторы для повышения коэффициента мощности, производимые в СССР, имели два стандартных размера, весив 28–35 кг и 54–60 кг, из которых 10 и 19 кг составляли ПХБ, соответственно (Kakareka et al., 2000).

Небольшие конденсаторы включают в себя пусковые конденсаторы для двигателей и балластные конденсаторы. Пусковые конденсаторы для двигателей используются в однофазных электродвигателях для обеспечения пускового момента, эти конденсаторы также применяются в бытовых электрических приборах, включая холодильники, плиты, стиральные машины, кондиционеры воздуха, посудомоечные машины и т.д. (Программа Организации Объединённых Наций по окружающей среде, 1999). Многие из этих приборов до сих пор используются, но трудно установить, в каком количественном соотношении в этих приборах содержатся компоненты с ПХБ. Балластные конденсаторы находят свое применение в люминесцентных, ртутьсодержащих и натрийсодержащих осветительных приборах и неоновых лампах, их стандартный вес составляет 1,6 кг, из которых 0,05 кг это вес ПХБ (Агентство по охране окружающей среды США, 1987).

Трансформаторы используются для преобразования электроэнергии в линиях электропередачи и в устройствах приема и потребления электроэнергии. Трансформатор представляет собой очень важный компонент разного типа электрических цепей, от электронных цепей слабого сигнала до систем передачи электроэнергии высокого напряжения. Физические размеры и конструкция трансформаторов, и, следовательно, количество ПХБ в них варьируют в значительной степени. Трансформаторы могут иметь диапазон размеров от чуть большего, чем горошина, до размера небольшого дома (Программа Организации Объединённых Наций по окружающей среде, 1999); содержание ПХБ обычно находится в диапазоне от 0,2 до 4,1 тонн (Kakareka et al., 2000).

2.2.2 ПХБ в качестве жидкого диэлектрика

Промышленной продукцией, в общем, известной как ПХБ, являются смеси отдельных изомеров, в которых содержание хлора находится между 21 и 68%. Зарегистрированными торговыми марками для некоторых промышленных наименований ПХБ являются: Арохлор, Хлоринол, Аскарель, Диканол, Пиранол (США), Пирален (Франция), Клофен (Германия), Каннехлор (Япония), Делор (Чехословакия), Совол, Трихлорбифенилы, Совтол (СССР). Арохлор является наиболее известным соединением ПХБ, который служил в качестве стандарта.

2.2.3 Утечки из трансформаторов и конденсаторов

Большинство выбросов ПХБ происходит по причине утечек из электрических трансформаторов и конденсаторов, содержащих ПХБ и находящихся в плохом состоянии, и/или вследствие плохого технического обслуживания.

Скорее всего, что масло некоторых трансформаторов, которые не были изначально преднамеренно заполнены ПХБ, было загрязнено ПХБ. Однако, было установлено, что свыше 90% этих трансформаторов загрязнены до уровня меньше, чем 50 частей на миллион (APARG, 1995). Источником такого загрязнения, скорее всего, является отсутствие в прошлом разделения на линии наполнения маслом и ПХБ на производстве с последующим использованием переработанного масла.

2.2.4 Операции по фрагментации

Некоторые небольшие конденсаторы, содержащие ПХБ, должны быть закопаны вместе с бытовыми отходами на полигонах для захоронения отходов, но большинство останется в приборах, которые будут частично переработаны посредством фрагментации. Это процесс, при котором бытовые электроприборы разрезаются, а их фрагменты разделяются на следующие три части:

- Черные металлы, перерабатываемые для использования на сталелитейных производствах;
- Цветные металлы, обогащенные «тяжелыми» фракциями, которые, преимущественно, должны быть захоронены на полигонах;

- Переработка цветных металлов для удаления «легкой» или «загрязненной» фракции, которая, в значительной степени, состоит из неметаллических отходов (например, дерево, стекло, пластик и т.д.), захоронение которых, в основном, происходит на полигонах.

Существует потенциал для выброса ПХБ как из фрагментированных отходов, захороненных на полигонах, так и во время самого процесса фрагментации, а также во время процессов переработки металлов, когда используются переработанные черные металлы. Выброс ПХБ в атмосферу сильно зависит от температуры технологического процесса.

2.2.5 Утилизация электрооборудования, содержащего ПХБ

Большие количества ПХБ были в прошлом захоронены на полигонах, главным образом, в виде электрических компонентов или фрагментированных остатков, но списанное электрооборудование, известное как содержащее ПХБ, в настоящее время часто утилизируется в печах для сжигания химических отходов. Однако, выбросы от утилизации электрооборудования не освещены в этой главе.

2.3 Выбросы

Все виды СОЗ и тяжелых металлов могут выделяться в атмосферу, но только выбросы ПХБ, как правило, являются значительными на общегосударственном уровне.

Основными источниками ПХБ являются утечки жидкого диэлектрика, содержащего ПХБ, из крупногабаритных электрических трансформаторов и конденсаторов, находящихся в плохом состоянии. Выбросы ПХБ из трансформаторов и конденсаторов во время обычного режима работы не значительны.

Кроме того, операции по фрагментации также, вероятнее всего, являются существенными источниками ПХБ, куда входят электрические приборы, содержащие ПХБ.

Выбросы ртути (Hg) происходят, в основном, при использовании аккумуляторных батарей, контрольно-измерительного оборудования (включая лабораторное оборудование и оборудование медицинских учреждений), электрооборудование и освещения. Другие продукты (например, боль, фармацевтические препараты, другие медицинские проблемы и проблемы со здоровьем, а также амальгамы для зубной пломбы) могут также выступать источником выбросов Hg, но с малой вероятностью быть существенным источником для общегосударственного уровня.

2.4 Средства регулирования

Большинство известных трансформаторов, содержащих ПХБ, в настоящее время принадлежат организациям, которые работают по строгим стандартам безопасности и охраны окружающей среды. В таких случаях, воздействие на окружающую среду от утечек из трансформаторов должно быть, таким образом, уменьшено. Эти трансформаторы могут быть захоронены на полигонах после того, как рабочая жидкость с них будет слита, трансформаторы промыты, а ПХБ станут доступными для регулируемой утилизации, осуществляемой обычно в печах для сжигания отходов.

Варианты снижения выбросов ртути:

- Наложение запрета или постепенное свертывание производства и реализации продукции, содержащей или требующей металлосодержащую ртуть для обеспечения работоспособности такой продукции;
- Ограничение содержания ртути в продукции.

С 1990 года потребление ртути в батареях первичных источников тока было существенно снижено в связи с применением Директивы ЕС 91/157/ЕЕС по батареям и аккумуляторам, содержащим определенные опасные вещества. Эта директива вступила в силу в 1994 году. В результате, большая часть выбросов Hg из батарей в странах ЕС исходит в настоящее время от ртутосодержащих аккумуляторов таблеточного типа для специального назначения.

3 Методы

3.1 Выбор метода

В этой главе приводится только подход по умолчанию Уровня 1.

3.2 Подход Уровня 1 по умолчанию

3.2.1 Алгоритм

Подход по Уровню 1 для выбросов по этой категории источников применяет общее уравнение:

$$E_{\text{загрязнитель}} = AR_{\text{производство}} \times EF_{\text{загрязнитель}} \quad (1)$$

Это уравнение применяется на общегосударственном уровне, используя годовую общегосударственную статистику по потреблению СОЗ и тяжелых металлов.

Коэффициенты выбросов по Уровню 1 допускают усредненную или стандартную технологию, выполнение методики снижения выбросов в стране и интегрирование всех подпроцессов.

3.2.2 Коэффициенты выбросов по умолчанию

Коэффициенты выбросов по умолчанию приведены в таблице ниже. В публикациях доступны коэффициенты выбросов только для ПХБ и Hg. Все остальные коэффициенты выбросов, в большинстве случаев, считаются не значительными. Нет дополнительной информации.

Для получения коэффициента выбросов по Уровню 1 для ПХБ была рассчитана средняя стандартная величина из информации, предоставленной в разделе Уровень 3 настоящей главы.

Таблица 3-1 Коэффициенты выбросов Уровня 1 для категории источников 2.К Потребление стойких органических загрязнителей и тяжелых металлов

Коэффициенты выбросов по умолчанию Уровня 1					
	Код	Название			
Категория источника ИО	2.К	Потребление стойких органических загрязнителей и тяжелых металлов			
Топливо	НЕТ ДАННЫХ				
Не применяется	NOx, CO, НМЛОС, SOx, NH3, ОКВЧ, ТЧ10, ТЧ2.5, ЧУ, ПХДД/Ф, Бензо(а)пирен, Бензо(б)флуорантен, Бензо(к)флуорантен, Индено(1,2,3-сд)пирен				
Не оценено	Pb, Cd, As, Cr, Cu, Ni, Se, Zn, ГХБ				
Загрязнитель	Значение	Единицы	95% доверит. интервал		Ссылки
			Нижний	Верхний	
Hg	0.01	г/на душу населения	0.001	0.1	WS Atkins (1997)
ПХБ	0.1	г/на душу населения	0.01	0.5	Berdowski (1997), Harrad (1993)

3.2.3 Данные по осуществляемой деятельности

В подходе Уровня 1 выбросы могут рассчитываться по коэффициентам выбросов по умолчанию, приведенных в Таблице 3.1 и по суммарным выбросам страны.

3.3 Подход Уровня 2, базирующийся на технологии

Нет данных по этой категории источников.

3.4 Моделирования выбросов Уровня 3 и использование объектных данных

Данный подраздел приводит подход по Уровню 3 для расчета выбросов ПХБ при использовании электрического оборудования. Сюда входит обзор установленного количества трансформаторов и конденсаторов в той или иной стране, а также анализ пропорционального соотношения трансформаторов и конденсаторов, содержащих ПХБ и пропорционального соотношения трансформаторов и конденсаторов, имеющих вероятность к утечке. По этой причине, такой анализ потребует более детальной ревизии электрооборудования в пределах той или иной страны.

Аналогичным образом, по операциям фрагментации детальная методология включает в себя анализ типов переработанного лома черных металлов и требует более детальных знаний по количеству ПХБ по разным типам лома черных металлов.

Первая стадия инвентаризации электрооборудования, содержащего ПХБ, требует выделения силовых конденсаторов и силовых трансформаторов, то есть таких устройств, в которых использовалась большая часть ПХБ. Сама эта группа может состоять из тысяч устройств, распределенных среди сотен пользователей, так что их полная инвентаризация представляет собой очень сложную задачу. В качестве первого приближения может быть предложена селективная инвентаризация основных пользователей.

Хорошей практикой является разделение трансформаторов и конденсаторов с указанием их типа, типа диэлектрика, номера оборудования, года изготовления и производителя. Также должно учитываться и электрооборудование, которое было в эксплуатации, в запасе или повреждено. Не всегда возможно установить тип конденсатора и год его изготовления, возникают проблемы с определением типа диэлектрика (часто он определяется под общим названием «синтетический»). Сложно отслеживать оборудование, так как в большинстве случаев у конденсаторов нет свидетельства о регистрации, поскольку нет правил по эксплуатации оборудования, содержащего ПХБ. Также, некоторое оборудование хранилось на складах или использовалось в других целях.

Вторая стадия инвентаризации ПХБ включает в себя расчет объема жидких диэлектриков. Количество диэлектриков в крупногабаритных конденсаторах варьирует в зависимости от своего типа в пределах от 2,7 кг до 24 кг, большая часть широко используемых силовых конденсаторов содержит 14 кг ПХБ. Содержание ПХБ в трансформаторах варьирует в зависимости от типа трансформатора в пределах от 0,2 тонн до 4,1 тонн (Kakareka et al., 2000).

Что касается коэффициентов выбросов, представленных в Таблице 3.2 Коэффициенты выбросов для утечек из трансформаторов и конденсаторов, то Berdowsky et al. (1997) рассчитали выбросы ПХБ, создаваемые утечками в 1990 году из трансформаторов и конденсаторов, для каждой европейской страны. Диапазон коэффициентов выбросов на душу населения велик – почти два порядка величины. Это показывает сложность в выборе подходящего коэффициента выбросов и высокую неопределенность прогнозов выбросов на основании этих коэффициентов выбросов.

В Таблице 3.4 приводятся коэффициенты выбросов по умолчанию для расчета выбросов в атмосферу по количеству утечек ПХБ. Процесс выпаривания очень сложный и не до конца изучен, несмотря на то, что известно, что скорость выпаривания уменьшается при повышении уровней хлорирования ПХБ, однако, трихлорбифенил, используемый в конденсаторах, и его утечки из конденсаторов, будет улетучиваться из трансформаторов быстрее, чем пентахлорбифенил (Совтол-1 или другая марка).

Таблица 3-2 Коэффициенты выбросов для утечек из трансформаторов и конденсаторов

Оборудование / процесс	Коэффициент выбросов	Качество данных	Страна или регион	Ссылка
Утечки трансформаторов из	0,006 - 0,5 г/душу населения/год^(а)	E	Европа	Berdowsky et al. (1997)

(а) Рекомендованный коэффициент выбросов 0,13 г/душу населения в год

Таблица 3-3 Коэффициенты выбросов для операций по фрагментации (переработка лома черных металлов)

Оборудование / процесс	Коэффициент выбросов	Качество данных	Страна или регион	Ссылка
Операции по фрагментации (переработка лома черных металлов)	0,004 г/душу населения/год	E	Великобритания	Harrad et al. (1993)
Операции по фрагментации (переработка лома черных металлов)	0.25 г/т переработанного лома черных металлов	E	Великобритания	Harrad et al. (1993)

Таблица 3-4 Утечки (выбросы) и коэффициенты выбросов ПХБ из электрооборудования (кг/тонна)

Оборудование	Утечки (выбросы)	Выбросы в атмосферу	Страна или регион	Ссылка
Трансформаторы	0.06	-	Европа	Berdowsky et al. (1997)
	0.3	-	Северная Америка	Агентство по охране окружающей среды США (1987)
	0.3	0.06	Страны СНГ	Kakareka et al. (2000)
Конденсаторы	1.6	-	Европа	Berdowsky et al. (1997)
	4.2	-	Северная Америка	Агентство по охране окружающей среды США (1987)
	2.0	0.8	Страны СНГ	Kakareka et al. (2000)

Большая часть выбросов ПХБ исходит из электрических трансформаторов и конденсаторов, находящихся в плохом состоянии, а характер этого источника говорит о том, что выбросы сложно подсчитать. Использование коэффициентов выбросов на душу населения сомнительно, так как коэффициенты выбросов, скорее всего, будут значительно меняться по странам. Например, количество ПХБ, оставшегося в электрооборудовании, будет меняться, также как и стандарты методик по техобслуживанию и качеству безопасности, чтобы предотвратить утечки.

Коэффициенты выбросов в данном разделе основаны больше на расчетах, чем на измерениях. По этой причине, коэффициенты выбросов имеют качество данных "E". Ключевой неопределенностью является то, что, несмотря на приближенное количество ПХБ, производимого в прошлом, известно, точное количество ПХБ, все еще существующего в природе, неизвестно. Другие неопределенности включают в себя возможность двойного подсчета суммарного накопления ПХБ, поскольку выбросы ПХБ, создаваемые полигонами для утилизации отходов, скорее всего, содержат выбросы, исходящие от

электрооборудования, которое было утилизировано или захоронено на полигонах. Однако, такая неопределенность представляет собой относительно низкую значимость.

4 Качество данных

По данной категории источника нет опубликованных материалов, характерных для данного источника.

5 Глоссарий

СОЗ	Стойкий органический загрязнитель
Конденсатор	Устройство для накопления и поддержания электрического заряда. Некоторые были изготовлены с ПХБ в качестве жидкого диэлектрика.
Операции по фрагментации	Раздробление бытовых приборов (например, плит, холодильников) для переработки.
ПХБ	Полихлорбифенилы. Подкласс синтетических органических химикатов, известных как хлоридокарбонаты; сюда входит любое химическое вещество бифенильной молекулы, которая была хлорирована до степени изменения. Химическая формула ПХБ может быть представлена как $C_{12}H_{(10-n)}Cl_n$, где n – это количество атомов хлора в пределах 1-10. Всего существует 209 отдельных изомеров, которые представляют собой диапазон от жидкостей до высокоплавких кристаллических твердых частиц.
Трансформатор	Такое устройство, которое используется для повышения и понижения напряжения. Трансформаторы, содержащие ПХБ, обычно размещаются в электрических производственных помещениях и на промышленных площадках.
Жидкий диэлектрик	Изоляционный материал, используемый в электрооборудовании, который разделяет поверхности электропроводности (иногда содержит ПХБ).

6 Список использованной литературы

APARG, 1995. *Report on the Abatement of Toxic Organic Micropollutants (TOMPs) from Stationary Sources*. Air Pollution Abatement Review Group, DoE, UK. Available from National Environmental Technology Centre, Culham, Abingdon, Oxfordshire, OX14 3DB, UK.

Berdowski, J.J.M., Baas, J., Bloos, J.P.J., Visschedijk, A.J.H. and Zandveld, P.Y.J., 1997. *The European emission inventory of heavy metals and persistent organic pollutants*. Umweltforschungsplan des Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Luftreinhaltung. Forschungsbericht 104 02 672/03, Berlin.

Berdowski, J.J.M., Veldt, C., Baas, J., Bloos, J.P.J. and Klein, A.E., 1995. *Technical Paper to the OSPARCOM-HELCOM-UNECE Emission Inventory of Heavy Metals and Persistent Organic Pollutants*. TNO-report, TNO-MEP-R 95/247, Delft, the Netherlands.

Gulevich, A. and Kireev, A., 1981. *Power capacitor production*. 4th ed. Moscow. (in Russian)

Harrad, S.J., Sewart, A.S., Alcock, R., Boumphrey, R., Burnett, V., Duarte-Davidson, R., Halsall, C., Sanders, G., Waterhouse, K., Wild, S.R. and Jones, K.C., 1993. *Polychlorinated Biphenyls (PCBs) in the British Environment: Sinks, Sources and Temporal Trends*.

Kakareka *et al.*, 2000. *Study for Evaluation of Emission Factors of Selected POPs from Main Activities of the CIS Countries. Belarusian contribution into EMEP Annual Report 1999*. IPNRUE – MSC, East Minsk, Moscow.

UNEP, 1999. *Guidelines for the Identification of PCBs and Materials Containing PCBs*.

USEPA, 1987. *Locating and Estimating Air Emissions from Sources of Polychlorinated Biphenyls (PCB)*. United States Environmental Protection Agency 450/4-84-007n.

7 Наведение справок

Все вопросы по данной главе следует направлять соответствующему руководителю (руководителям) экспертной группы по сжиганию и промышленности, работающей в рамках Целевой группы по инвентаризации и прогнозу выбросов. О том, как связаться с сопредседателями ЦГИПВ вы можете узнать на официальном сайте ЦГИПВ в Интернете (www.tfeip-secretariat.org/).