



**Стокгольмская конвенция  
о стойких органических  
загрязнителях**

Distr.: General  
23 November 2015

RU.S.sian  
Original: English

---

**Комитет по рассмотрению стойких органических загрязнителей**  
**Одиннадцатое совещание**  
Рим, 19-23 октября 2015 года

**Доклад Комитета по рассмотрению стойких органических  
загрязнителей о работе его одиннадцатого совещания**

**Добавление**

**Оценка регулирования рисков, связанных с декабромдифениловым  
эфиром (коммерческая смесь, к-декаБДЭ)**

На своем одиннадцатом совещании в решении КРСОЗ-11/1 Комитет по рассмотрению стойких органических загрязнителей принял оценку регулирования рисков, связанных с декабромдифениловым эфиром (коммерческая смесь, к-декаБДЭ), на основе проекта, содержащегося в записке секретариата (UNEP/POPS/POPRC.11/2). Текст оценки регулирования рисков с изменениями приводится в приложении к настоящему добавлению и официально не редактировался.

## Приложение

# **ДЕКАБРОМДИФЕНИЛОВЫЙ ЭФИР** **(коммерческая смесь, к-декаБДЭ);**

## **ОЦЕНКА РЕГУЛИРОВАНИЯ РИСКОВ**

Подготовлен межсессионной рабочей группой по декабромдифениловому эфиру  
Комитет по рассмотрению стойких органических загрязнителей

Октябрь 2015 года

## Содержание

|                                                                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Установочное резюме .....                                                                                           | 4  |
| 1. Введение .....                                                                                                   | 5  |
| 1.1. Идентификационные данные предлагаемого вещества .....                                                          | 6  |
| 1.2. Выводы Комитета по рассмотрению в отношении информации, полученной в рамках приложения Е .....                 | 7  |
| 1.3. Источники данных .....                                                                                         | 7  |
| 1.4. Статус рассматриваемого химического вещества согласно международным конвенциям и форумам.....                  | 8  |
| 1.5. Принятые национальные или региональные меры регулирования .....                                                | 8  |
| 2. Сводная информация по оценке регулирования рисков.....                                                           | 11 |
| 2.1. Определение возможных мер регулирования .....                                                                  | 11 |
| 2.2. Эффективность и действенность возможных мер регулирования для достижения цели сокращения рисков .....          | 13 |
| 2.3. Информация об уместных альтернативах (продуктах и процессах) .....                                             | 18 |
| 2.3.2. Пластмассы .....                                                                                             | 21 |
| 2.3.3. Текстильные изделия .....                                                                                    | 23 |
| 2.3.4. Другие виды применения .....                                                                                 | 25 |
| 2.3.5. Альтернативные методы и изначально огнестойкие материалы.....                                                | 25 |
| 2.3.6. Стандарты пожарной безопасности, соответствующие требованиям и решения .....                                 | 28 |
| 2.4. Резюме информации о воздействии возможных мер регулирования на общество.....                                   | 31 |
| 2.4.1. Здоровоохранение, в том числе общественное здравоохранение, санитария окружающей среды и гигиена труда ..... | 31 |
| 2.4.2. Сельское хозяйство, включая аквакультуру и лесоводство .....                                                 | 33 |
| 2.4.3. Биота (биоразнообразие) .....                                                                                | 33 |
| 2.4.4. Экономические аспекты и социальные издержки .....                                                            | 34 |
| 2.4.5. Прогресс в направлении достижения цели устойчивого развития .....                                            | 37 |
| 2.5. Прочие соображения.....                                                                                        | 38 |
| 3. Обобщение информации.....                                                                                        | 38 |
| 3.1. Резюме информации, содержащейся в характеристике рисков .....                                                  | 38 |
| 3.2. Резюме информации, содержащейся в оценке регулирования рисков .....                                            | 39 |
| 3.3. Предлагаемые меры по регулированию рисков.....                                                                 | 41 |
| 4. Заключение .....                                                                                                 | 41 |

## Установочное резюме

1. В 2013 году Норвегия представила предложение о регистрации коммерческого декабромдифенилового эфира (к-декаБДЭ) в качестве стойкого органического загрязнителя в рамках Стокгольмской конвенции. В 2014 году на десятом совещании Комитета по рассмотрению СОЗ было решено, что БДЭ-209, основной компонент к-декаБДЭ, в результате его переноса на большие расстояния в окружающей среде может оказывать значительное неблагоприятное воздействие на здоровье человека и на окружающую среду, оправдывая тем самым принятие мер в глобальном масштабе. Была создана специальная рабочая группа для подготовки в соответствии с приложением F к Конвенции оценки регулирования рисков, обусловленных к-декаБДЭ, для представления Комитету по рассмотрению СОЗ на его одиннадцатом совещании в октябре 2015 года.
2. К-декаБДЭ представляет собой преднамеренно производимое химическое вещество, состоящее из полностью бромированного конгенера декаБДЭ или БДЭ-209 ( $\geq 90-97\%$ ) и - в небольшом количестве - нона- и октабромдифенилового эфира. К-декаБДЭ более десяти лет является объектом исследования в связи с возможными последствиями для здоровья и окружающей среды и в некоторых странах и регионах, а также в некоторых компаниях на него распространяются ограничения и добровольные меры регулирования рисков. Тем не менее, в нескольких странах мира производство к-декаБДЭ все еще продолжается.
3. К-декаБДЭ - это огнестойкая добавка, которая имеет множество видов применения, в том числе в производстве пластмасс, текстильных изделий, клеев, герметиков, покрытий и красок. Пластмассы, содержащие к-декаБДЭ, используются в электротехническом и электронном оборудовании, проводах и кабелях, трубах и ковровых покрытиях. В текстильной промышленности к-декаБДЭ в основном используется для производства обивки, жалюзи, штор и матрасов для общественных и жилых зданий, а также для транспортного сектора. Объемы к-декаБДЭ, которые используются при производстве пластмасс и текстиля разнятся по разным регионам мира, однако приблизительно до 90% к-декаБДЭ применяется для изготовления пластмассы и пластмассовых элементов электронных изделий, а оставшаяся часть задействована в производстве текстильных изделий с пропиткой, мягкой мебели и матрасов.
4. Выбросы к-декаБДЭ в окружающую среду происходят на всех этапах его жизненного цикла, но считаются самыми высокими в течение срока службы и в фазе отходов. Средний срок службы электрического и электронного оборудования составляет около 10 лет, следовательно, в ближайшие годы к-декаБДЭ будет по-прежнему выделяться в окружающую среду из изделий, находящихся в пользовании. Наиболее эффективной мерой контроля в целях уменьшения выбросов к-декаБДЭ и его главного компонента БДЭ-209 могло бы стать внесение БДЭ-209 (к-декаБДЭ) в приложение A к Конвенции без конкретных исключений. Кроме того, большое значение будет иметь наличие эффективных мер контроля обращения с отходами, содержащими к-декаБДЭ. С учетом применения к-декаБДЭ в качестве антипирена в предыдущие периоды и в настоящее время следует отметить, что в будущем в разряд отходов перейдет большое количество ныне используемых изделий. Одним из способов их уничтожения является контролируемое сжигание отходов, содержащих к-декаБДЭ, при высоких температурах с использованием систем удаления бромированных фурановых/диоксиновых соединений, которые могут образовываться в ходе сжигания, и при условии непрерывного контроля и строгого соблюдения предусмотренных Конвенцией руководящих принципов НИМ/НПД по экологически обоснованному обращению с зольной пылью. Другие способы описаны в документе UNEP/POP/COP.7/INF/22, где также перечислены факторы, ограничивающие рециркуляцию.
5. Согласно статье 6 Конвенции отходы должны удаляться таким образом, чтобы содержащиеся в них СОЗ уничтожались или необратимо преобразовывались и не проявляли свойств СОЗ или удалялись иным экологически безопасным образом, в том случае, если уничтожение или необратимое преобразование не являются экологически предпочтительным вариантом или содержание СОЗ низкое. По этой причине, не рекомендуется производить переработку материала, содержащего к-декаБДЭ в количествах, превышающих нижний предел содержания СОЗ, и такой переработки следует избегать. Недавно БДЭ-209 был обнаружен в ряде изделий, изготовленных из переработанных материалов, включая изделия, соприкасающиеся с пищевыми продуктами. Это означает, что содержание к-декаБДЭ в пластмассах, предназначенных для рециркуляции, контролировать сложно, и что такая рециркуляция может приводить к воздействию к-декаБДЭ на человека. Данные мониторинга свидетельствуют также, что рециркуляция способствует значительному загрязнению окружающей среды и возникновению рисков для здоровья населения в местности, где она проводится, особенно в развивающихся странах, где рециркуляция осуществляется в

неофициальном секторе. В секторе обращения с отходами имеются технические решения, обеспечивающие более устойчивое регулирование отходов, например, за счет выбраковки компонентов, содержащих опасные химические вещества (однако такие технические решения не доступны в промышленном масштабе, особенно в развивающихся странах). Ограничение к-декаБДЭ может оказывать экономическое влияние на отрасль рециркуляции отходов, однако спрогнозировать конкретные экономические издержки и выгоды трудно. В настоящее время нет сведений о больших объемах рециркуляции пластмасс и текстильных изделий, содержащих к-декаБДЭ, при этом имеющаяся информация позволяет предположить, что социально-экономические последствия отказа от рециркуляции к-декаБДЭ могут носить ограниченный масштаб.

6. На страновой или региональной основе необходимо провести анализ экономического воздействия на предприятия по рециркуляции. То, какой вариант решения может быть признан оптимальным, сильно зависит от экономического и культурного контекста, в котором функционирует система. Чтобы найти решения, которые позволят улучшить ситуацию с точки зрения экологических последствий, опасностей, связанных с условиями труда, и доходности, следует принять во внимание такие факторы, как стоимость рабочей силы, структура экономики (включая значимый неофициальный сектор), действующие нормативно-правовые положения, а также возможности и ограничения правоприменительной системы.

7. Согласно данным, представленным в ходе оценки регулирования рисков, и сообщениям о коллективном опыте, некоторые сектора могут испытывать сложности, которые, в частности могут быть связаны с производством запасных частей старого образца для автомобильной и аэрокосмической отрасли. Некоторые Стороны указали на трудности, связанные с рециркуляцией. Другие эксперты выразили опасения по поводу находящихся в использовании предметов и товаров, а также рециркулированных продуктов, содержащих декаБДЭ, которые особенно активно экспортируются в развивающиеся страны и страны с переходной экономикой, и выступили против исключений в отношении рециркуляции в связи с невозможностью выявления и проведения анализа продуктов, содержащих декаБДЭ. Дополнительные меры по регулированию рисков могли бы включать в себя обязательство по маркированию новых товаров, содержащих декаБДЭ.

8. Тем не менее, на рынке уже имеется ряд не содержащих СОЗ химических альтернатив для замены к-декаБДЭ в составе пластмасс и текстильных материалов. Кроме того, возможно применение нехимических альтернатив и технических решений, таких как, соответственно, использование невоспламеняющихся материалов и физических барьеров. На основе информации в рамках приложения F и других имеющихся сведений можно заключить, что рынки текстильных, мебельных и электронных изделий находятся в переходной фазе отказа от использования к-декаБДЭ и что в большинстве, если не во всех, известных областях применения произведена или производится замена альтернативами.

9. В случае глобального сокращения или уничтожения к-декаБДЭ, можно рассчитывать на благоприятное воздействие на здоровье людей и состояние окружающей среды. БДЭ-209, главный компонент к-декаБДЭ, и продукты его разложения широко присутствуют внутри и вне помещений и обнаружены в некоторых организмах в концентрациях, близких или равных показателям эффективной концентрации, вызывающей негативные последствия для развития, нейротоксическое воздействие и эндокринные нарушения.

10. Комитет рекомендует Конференции Сторон Стокгольмской конвенции в соответствии с пунктом 9 статьи 8 Конвенции рассмотреть вопрос о включении декабромдифенилэфирного компонента (БДЭ-209) к-декаБДЭ в приложение A и предусмотреть соответствующие меры контроля с учетом конкретных исключений для некоторых важнейших запасных частей старого образца, перечень которых еще предстоит составить и которые используются в автомобильной и аэрокосмической отраслях.

## 1. Введение

11. 13 мая 2013 года Норвегия в качестве Стороны Стокгольмской конвенции представила предложение о включении декабромдифенилового эфира (коммерческой смеси, к-декаБДЭ) в приложения A, B и/или C к Конвенции. Предложение (UNEP/POPS/POPRC.9/2) было представлено в соответствии со статьей 8 Конвенции и было рассмотрено Комитетом по рассмотрению СОЗ (КРСОЗ) на его девятом совещании в октябре 2013 года, после чего Комитет счел, что критерии для включения в приложение D, выполнены. На своем десятом совещании в октябре 2014 года Комитет оценил проект характеристики рисков, связанных с к-декаБДЭ (UNEP/POPS/POPRC.10/10/Add.2) в соответствии с приложением E, утвердил его (UNEP/POPS/POPRC.10/10) и постановил учредить межсессионную рабочую группу для

подготовки оценки регулирования рисков, связанных с данным веществом (решение КРСОЗ-10/2).

12. В настоящем документе аббревиатура к-декаБДЭ используется для обозначения технических или коммерческих продуктов декаБДЭ. Декабромдифениловый эфир (БДЭ-209) обозначает один полностью бромированный полибромированный дифенилэфир (ПБДЭ), который в других местах иногда обозначается как декаБДЭ.

### 1.1. Идентификационные данные предлагаемого вещества

13. Данная оценка регулирования рисков относится к к-декаБДЭ и его основному компоненту БДЭ-209. К-декаБДЭ является коммерческим составом ПБДЭ, который широко используется в качестве добавки-антипирена в текстильных изделиях и пластмассах; дополнительные виды применения - производство клеев, покрытий и красок (ЕСНА 2013b). К-декаБДЭ состоит преимущественно из конгенера БДЭ-209 ( $\geq 97\%$ ) с низким уровнем других ПБДЭ, таких как наонабромдифениловый эфир (0,3–3%) и октабромдифениловый эфир (0–0,04%). В работе Chen et al. (2007) сообщается, что содержание октаБДЭ и наонаБДЭ в двух продуктах к-декаБДЭ из Китая составляет от 8,2% до 10,4%, что позволяет предполагать, что в некоторых коммерческих смесях может быть обнаружен больший объем примесей. Ранее сообщалось о диапазоне 77,4–98% БДЭ-209 и меньших количествах конгенов наонаБДЭ (0,3–21,8%) и октаБДЭ (0–0,85%) (ЕСНА, 2012a; U.S. EPA, 2008; RPA, 2014). В общей сложности три-, тетра-, пента-, гекса и гептаБДЭ обычно присутствуют в концентрациях ниже 0,0039% п.в. (ЕСВ 2002, ЕСНА 2012a). Следовые количества других соединений, предположительно, гидроксипромированных дифениловых соединений, также могут присутствовать в виде примесей. Кроме того, полибромированные дибензо-п-диоксины и полибромированные дибензофураны (ПБДФ/Ф) были зарегистрированы в качестве примесей в некоторых продуктах к-декаБДЭ (Ren et al., 2011).

14. Химические сведения о БДЭ-209, основном компоненте дека-БДЭ, представлены на рисунке 1 и в таблицах 1 и 2 ниже (ЕСНА, 2012 а). По имеющейся информации к-декаБДЭ в настоящее время можно приобрести у нескольких производителей и поставщиков по всему миру (Ren et al., 2013; RPA, 2014), и он продается под разными торговыми наименованиями (таблица 1).

Figure 1. Structural formula

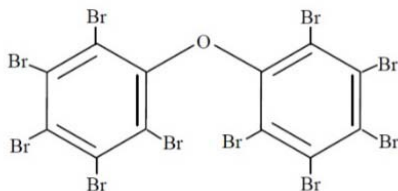


Таблица 1  
Химические идентификационные данные к-декаБДЭ и его основной составляющей БДЭ-209

|                        |                                                                                                                                                                                                                    |
|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Номер КАС:             | 1163-19-5 <sup>1</sup>                                                                                                                                                                                             |
| Наименование КАС:      | бензол, 1,1-оксидис [2,3,4,5,6-пентабром-]                                                                                                                                                                         |
| Наименование МСТПХ:    | 2,3,4,5,6-пентабром-1-(2,3,4,5,6-пентабромфенокси)бензол                                                                                                                                                           |
| Номер ЕС:              | 214-604-9                                                                                                                                                                                                          |
| Наименование ЕС:       | бис(пентабромфенил)эфир                                                                                                                                                                                            |
| Молекулярная формула:  | C <sub>12</sub> Br <sub>10</sub> O                                                                                                                                                                                 |
| Молекулярный вес:      | 959,2 г/моль                                                                                                                                                                                                       |
| Синонимичные названия: | декабромдифениловый эфир; декабромдифенилоксид; бис(пентабромфенил) оксид; декабромбифенилоксид; декабромфеноксибензол; 1,1' оксидис, декабромпроизводная бензола; декаБДЭ; ДБДФЭ <sup>2</sup> ; ДББЭ; ДББО; ДБДФО |
| Торговые наименования  | DE-83R, DE-83, Bromkal 82-ODE, Bromkal 70-5, Saytex 102 E, FR1210, Flamecut 110R. FR-300-BA, который производился в 1970-х, уже отсутствует в продаже (ECA, 2010).                                                 |

<sup>1</sup> Ранее использовались также номера КАС 109945-70-2, 145538-74-5 и 1201677-32-8. Эти номера КАС были официально аннулированы, однако все еще могут применяться на практике некоторыми поставщиками и производителями.

<sup>2</sup> ДБДФЭ также используется в качестве аббревиатуры для декабромдифенилэтана, номер КАС 84852-53-9.

Таблица 2

**Обзор соответствующих физико-химических свойств к-декаБДЭ и его основной составляющей БДЭ-209**

| Свойство                                                                   | Значение                                                                                | Источник                                                                                             |
|----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Физическое состояние при 20°C и 101,3 кПа                                  | Мелкодисперсный кристаллический порошок белого или серовато-белого цвета                | ECB (2002)                                                                                           |
| Точка плавления/замерзания                                                 | 300-310°C                                                                               | Dead Sea Bromine Group, 1993, цитируется по: ECB (2002)                                              |
| Точка кипения                                                              | Распадается при >320°C                                                                  | Dead Sea Bromine Group, 1993, цитируется по: ECB (2002)                                              |
| Давление пара                                                              | $4,63 \times 10^{-6}$ Па при 21°C                                                       | Wildlife International Ltd (1997), цитируется по: ECB (2002)                                         |
| Растворимость в воде                                                       | <0,1 мкг/л при 25°C (элюентный колоночный метод)                                        | Stenzel and Markley, 1997, цитируется по: ECB (2002)                                                 |
| Коэффициент разделения п-октанол-вода, $K_{ow}$ (логарифмическое значение) | 6,27 (измерено - метод генераторной колонки) 9,97 (по оценке с применением метода ВЭЖК) | MacGregor and Nixon, 1997, и Watanabe and Tatsukawa, 1990, соответственно, цитируется по: ECB (2002) |
| Коэффициент разделения октанол-воздух, $K_{oa}$ (логарифмическое значение) | 13,1                                                                                    | Kelly et al. (2007)                                                                                  |

**1.2 Выводы Комитета по рассмотрению в отношении информации, полученной в рамках приложения Е**

15. На своем десятом совещании Комитет пришел к выводу, что «к-декаБДЭ - это синтетическое вещество, не встречающееся в природной среде, которое используется в качестве антипирена во многих областях применения по всему миру. Выбросы к-декаБДЭ в окружающую среду продолжают во всех исследуемых регионах. БДЭ-209 (или декаБДЭ), главный компонент к-декаБДЭ, отличается стойкостью в окружающей среде и бионакапливается и биоусиливается в организмах нескольких видов рыб, птиц и млекопитающих, а также в пищевых цепях. Существуют свидетельства негативного влияния вплоть до критических конечных точек, включая репродукцию, выживаемость, нервную и эндокринную системы. К-декаБДЭ также разлагается до ПБДЭ с меньшей степенью бромирования, которые обладают известными свойствами СБТ/оСоБ и СОЗ. Менее бромированные конгенеры вносят вклад в итоговую токсичность БДЭ-209. Ввиду дебромирования и наличия резервуаров конгенов к-пента- и к-октаБДЭ в окружающей среде организмы подвергаются воздействию сложной смеси ПБДЭ, которые в сочетании создают более высокий риск, чем изолированный БДЭ-209. Измеренные уровни БДЭ-209 у некоторых видов биоты, в том числе на высших трофических уровнях, таких как птицы и млекопитающие в районах источников и отдаленных районах, близки к сообщаемым данным об эффективных концентрациях и указывают, что БДЭ-209 вместе с другими ПБДЭ оказывают существенное воздействие на организм человека и окружающую среду. Поэтому к-декаБДЭ с его главным компонентом БДЭ-209 в результате его переноса в окружающей среде на большие расстояния может вызывать серьезные неблагоприятные воздействия для здоровья человека и окружающей среды, которые служат основанием для принятия мер в глобальном масштабе».

16. Комитет также постановил создать Специальную рабочую группу для подготовки оценки регулирования рисков, которая включает анализ возможных мер регулирования в отношении декаБДЭ в соответствии с приложением F к Конвенции, для того чтобы ее можно было рассмотреть на его следующем совещании.

**1.3 Источники данных**

17. Оценка регулирования рисков была подготовлена с использованием информации, содержащейся в характеристике рисков (UNEP/POPS/POPRC.10/10/Add.2), и информации в рамках приложения F, представленной Сторонами и другими заинтересованными субъектами, включая неправительственные организации, а также представителей промышленности. Информацию представили восемь Сторон и наблюдателей: Австралия, Канада, Китай, Мали, Нидерланды, Сербия, США и Япония. Информацию представили также четыре неправительственных организации, имеющие статус наблюдателей - Европейская ассоциация предприятий автомобильной промышленности (ЕАПАП), Научно-экологический форум по

бром (НЭФБ), «Ай-си-эл индастриал продактс», «Паксимер АБ» - а также Международная сеть по ликвидации СОЗ (ИПЕН). Все материалы, представленные в рамках приложения F, опубликованы на веб-сайте Конвенции ([www.pops.int](http://www.pops.int)).

18. К числу источников относится научная литература, полученная из научных баз данных, таких как ISI Web of Science and PubMed, а также «серая» литература, такая как отчеты государственных органов, оценки риска и опасности, отраслевые информационные бюллетени и т.д.

#### 1.4 Статус рассматриваемого химического вещества согласно международным конвенциям и форумам

19. В 1992 году бромированным антипиренам (БАП) было уделено особое внимание в рамках плана действий в соответствии с Конвенцией о защите морской среды Северо-Восточной Атлантики (Конвенция ОСПАР). В 1998 году к-декаБДЭ наряду с другими ПБДЭ был включен в список «химических веществ, требующих безотлагательных действий», а также в совместную программу оценки и мониторинга ОСПАР. ОСПАР содействовала действиям ЕС в рамках стратегий снижения риска, обусловленного к-декаБДЭ, и принятию законодательства об электронных отходах.

20. В 1995 году страны-члены ОЭСР приняли решение осуществлять надзор за выполнением добровольного обязательства промышленных предприятий (ДОПП), принятого некоторыми глобальными производителями БАП, в том числе к-декаБДЭ, и предусматривающего принятие определенных мер регулирования риска. ДОПП было реализовано в США, Европе и Японии. С тех пор в Европе производство к-декаБДЭ было прекращено, а в Соединенных Штатах продолжается его поэтапная ликвидация. Параллельно этой работой ОЭСР провела исследование практики обращения с отходами в странах-членах в отношении продуктов, содержащих БАП. Результаты этого исследования описаны в докладе о сжигании продуктов, содержащих бромированные антипирены (OECD 1998). Характеристика первоначальной оценки (СИАП) набора данных по скрининговой информации (СИДС) о БДЭ-209 была подготовлена в рамках Программы ОЭСР по окружающей среде, здоровью и безопасности (ОСЗБ), принята шестнадцатым Совещанием по предварительной оценке набора данных по скрининговой информации (СИАМ-16) и позднее одобрена на Объединенном совещании ОЭСР в 2003 году. Информационные бюллетени об опасности/риске, обусловленном к-декаБДЭ и четырьмя другими БАП, были обновлены в 2005, 2008 и 2009 годах (OECD 2014). В публикации ВОЗ/ЮНЕП «State of the science of endocrine disrupting chemicals» (WHO/UNEP 2013) ПБДЭ, в том числе БДЭ-209, указаны в качестве веществ, вызывающих обеспокоенность, в связи с тем, что они могут нарушать работу эндокринной системы.

#### 1.5 Принятые национальные или региональные меры регулирования

21. К-декаБДЭ более десяти лет находится под пристальным вниманием в связи с его потенциальным воздействием на здоровье и окружающую среду. Меры по ограничению использования к-декаБДЭ были приняты в ряде стран и регионов, а также некоторыми крупными производителями электроники (обзор в документах UNEP/POPS/POPRC.9/2, Ren et al., 2011).

22. В Европе правила в отношении к-декаБДЭ действуют в ЕС и Норвегии. Европейской директивой об ограничении опасных веществ («Директива ООВ») было запрещено использование ПБДЭ, включая к-декаБДЭ, в электронном и электротехническом оборудовании (ЭЭО) в ЕС в концентрации более 0,1% по весу однородного материала. Хотя в феврале 2008 года это постановление вступило в силу, в отношении медицинского оборудования было первоначально сделано исключение. Однако в июне 2011 года это исключение было снято и с 22 июля 2014 года директива ООВ распространяется на медицинские приборы. В 2012 году в ЕС к-декаБДЭ был признан веществом СБТ/оСоБ (стойким, биоаккумулируемым, токсичным / особо стойким, особо биоаккумулируемым веществом) и был включен в число веществ-кандидатов, вызывающих весьма серьезную обеспокоенность (ВВСО) в рамках постановления ЕС о регистрации, оценке, разрешении и ограничении химических веществ (РИЧ). В настоящее время ЕС рассматривает предложение ограничить производство, применение и вывод на рынок к-декаБДЭ в качестве вещества и составляющей других веществ либо в составе смесей, если его концентрация равна или превышает 0,1% по весу. Предлагается также установить ограничения в отношении изделий, содержащих к-декаБДЭ в концентрации выше 0,1% по весу. Однако предлагается сделать послабления для изделий, реализуемых на вторичном рынке, для ЭЭО, на которые распространяется уже действующий запрет в отношении этих продуктов, для изделий, используемых для нужд авиации и автомобильной

отрасли, таких как производство, техническое обслуживание, ремонт или модификация любого летательного аппарата или компонента, пригодного для установки и произведенного в соответствии с сертификатом типа или ограниченным сертификатом типа (ЕСНА 2015), и для запасных частей старого образца, которые используются для ремонта и технического обслуживания снятых с производства транспортных средств. Кроме того, имеющиеся данные позволяют предположить, что предлагаемые ограничения не окажут дополнительного негативного воздействия на рециркуляционные материалы. Чтобы подтвердить такое отсутствие влияния на процессы рециркуляции, следует собрать дополнительную информацию. В Норвегии запрещены производство, импорт, экспорт, размещение на рынке и использование к-декаБДЭ в концентрации, равной или превышающей 0,1% в качестве вещества, в смесях и в готовых изделиях. Запрет, вступивший в силу в 2008 году, охватывает все виды применения, кроме использования к-декаБДЭ в транспортных средствах. Кроме того, к-декаБДЭ включен в Положения о регулировании отходов, предписывающие необходимость обращения с отходами, содержащими 0,25% или более к-декаБДЭ, как с опасными отходами.

23. В Северной Америке первые ограничения были приняты в 2008 году в Канаде, где действующие Правила применения ПБДЭ налагают запрет на производство ПБДЭ, включая к-декаБДЭ (Environment Canada 2008). В августе 2010 года Министерство по охране окружающей среды Канады и Министерство здравоохранения Канады опубликовали Итоговую пересмотренную стратегию регулирования связанных с ПБДЭ рисков, в которой была вновь поставлена цель снизить степень концентрации ПБДЭ в окружающей среде Канады до минимально возможного уровня. Это привело к заключению соглашения с тремя крупными международными производителями к-декаБДЭ о добровольном поэтапном прекращении импорта к-декаБДЭ в Канаду. Добровольное соглашение включало прекращение экспорта и продаж к-декаБДЭ для ЭЭО к концу 2010 года, для применения на транспорте и в военных целях - к концу 2013 года, для всех остальных видов применения - к концу 2012 года (Environment Canada 2010). 4 апреля 2015 года Канада опубликовала предлагаемые положения о запрете применения, продажи, предложения к продаже и импорта тетраБДЭ, пентаБДЭ, гексаБДЭ, гептаБДЭ, октаБДЭ, нонаБДЭ и декаБДЭ, а также содержащих их продуктов (например, смол, смесей, полимеров). Это предложение не охватывает готовые изделия. Канада проводила консультации в отношении своего плана регулирования ПБДЭ в продуктах, кроме смесей, полимеров и смол: <http://www.chemicalsubstanceschimiques.gc.ca/fact-fait/glance-bref/pbde-eng.php>. В США также продолжается добровольная поэтапная ликвидация. 17 декабря 2009 по итогам переговоров с Агентством по охране окружающей среды Соединенных Штатов Америки (АООС США) два американских производителя к-декаБДЭ и крупнейший в США импортер этого вещества взяли на себя обязательства по добровольной поэтапной ликвидации к-декаБДЭ в США (информация, представленная США в рамках приложения F). Эти обязательства предусматривали сокращение производства, импорта и продажи к-декаБДЭ внутри страны, начиная с 2010 года. Затем АООС США призвало других импортеров к-декаБДЭ присоединиться к этой инициативе. Чтобы стимулировать их присоединение, АООС США в рамках своих программ «Проектирование в интересах окружающей среды» и «Зеленая химия» разработало методику оценки альтернатив к-декаБДЭ, которая может применяться пользователями при выборе подходящих альтернатив. Кроме того АООС США предложило обновить инструкции по важным новым видам применения (ИВНП) ПБДЭ и параллельно предложило распространить правило о тестировании, предусмотренное разделом 4 Закона о контроле за токсичными веществами (ЗКТВ), на к-пентаБДЭ, к-октаБДЭ и к-декаБДЭ. Предлагаемое правило о тестировании потребует подготовки информации, необходимой для определения последствий производства, обработки или иной деятельности с использованием этих к-ПБДЭ для здоровья человека или окружающей среды. В рамках этого предложения АООС США заявило о намерении принять ИВНП для тех, кто планирует производить (в том числе импортировать) или обрабатывать какое-либо из химических веществ в рамках деятельности, которая обозначена как важный новый вид применения, и утвердить правило тестирования в соответствии с разделом 4 ЗКТВ, если АООС США установит, что производство (включая импорт) или обработка к-ПБДЭ, в том числе в составе изделий, не были прекращены к 31 декабря 2013 года. Кроме того, АООС США помогло создать Партнерство по мебельным антипиренам (в рамках программы АООС США «Проектирование в интересах окружающей среды»). Это совместное начинание представителей мебельной промышленности, химической промышленности, природоохранных групп и АООС США, призванное составить более полную картину в области вариантов обеспечения пожарной безопасности при изготовлении мебели. Формирование аналогичной группы в текстильной отрасли и секторе пеноматериалов помогло оперативно отказаться от БАП (U.S. EPA, 2014b). Кроме того, несколько штатов США ввели ограничения на производство и/или использование к-декаБДЭ в некоторых видах применения, в том числе для изготовления матрасов, наматрасников и других

постельных принадлежностей, сидений, мебели и электронных товаров (U.S. EPA, 2014a). Актуальные сведения о государственных регулирующих положениях имеются в Базе данных о политике США в отношении химических веществ по адресу: <http://www.chemicalspolicy.org/chemicalspolicy.U.S..state.database.php> (LSCP 2015).

24. В Азии ряд ограничений был принят в Китае, Индии и Корее. При пересмотре законодательства Китая об ООВ (Административные меры по контролю загрязнения, вызванного электронными информационными продуктами) было принято ограничение на применение к-декаБДЭ в ЭЭО (BSEF 2012). Согласно информации, представленной Китаем в рамках приложения F, не допускается экологическая маркировка ЭЭО, если концентрация ПБДЭ в нем превышает 0,1% по весу. Обращение с э-отходами должно производиться в соответствии с Законом об отходах электротехнического и электронного оборудования (Jinhui et al., 2015; BSEF, 2015a). Кроме того, сообщалось, что в Китае э-отходы, содержащие антипирены на основе ПБДЭ, подлежат разделному сбору и утилизации в качестве опасных отходов (Jinhui et al. 2015). Кроме того, Китай недавно объявил о запрете с 1 января 2016 года использовать ПБДЭ в производстве автомобилей в концентрации более 0,1%. Ограничение будет касаться автомобильных частей, использующихся в пассажирских автомобилях, число мест в которых не превышает девять (транспортные средства категории 1М). Этот стандарт применяется только к китайским производителям и международным компаниям, участвующим в совместных предприятиях с китайскими производителями. В отношении существующих моделей, которые уже используются или находятся на стадии производства, этот стандарт будет вводиться поэтапно, а его применение начнется с 1 января 2018 года (Chemical Watch 2015). В Корее в 2008 году принят закон, охватывающий жизненный цикл электронных продуктов и транспортных средств и ограничения в их отношении. Исключения, предельные значения и ограниченные вещества совпадают с указанными в Директиве ЕС об ООВ. Согласно Правилам переработки ресурсов электронного оборудования и автомобилей к-декаБДЭ исключен из списка опасных веществ для применения в отношении полимеров (BSEF 2012). Как и согласно директиве ЕС о конечных сроках использования транспортных средств, из этого ограничения исключены запасные части для снятых с производства транспортных средств. В Индии Правила регулирования э-отходов (касающиеся регулирования и обращения) вступили в силу в мае 2012 года. Раздел об ограничении опасных веществ в рамках правил регулирования э-отходов ограничивает применение ПБДЭ в ЭЭО предельной пороговой величиной 0,1% (BSEF, 2012, 2015b). В Японии, согласно Закону о контроле химических веществ, должна представляться информация о ежегодных объемах производства или импорта БДЭ-209 и объемах его перевозки (приложение F, Япония).

25. В дополнение к вышеуказанным мерам, принятым странами, промышленным сектором были введены в действие инициативы по добровольному поэтапному отказу от к-декаБДЭ. К концу 2013 года компании-участники НЭФБ также согласовали с АООС США и государственными органами Канады добровольное поэтапное прекращение производства, импорта и продажи к-декаБДЭ в Соединенных Штатах и Канаде. Кроме того, представляющая автомобильную отрасль ассоциация ЕАПАП в своем последнем документе, представленном в рамках общественных консультаций Комитета социально-экономического анализа (КСЭА) по постановлению ЕС об ограничении РИЧ, взяла на себя обязательство полностью ликвидировать декаБДЭ в глобальном масштабе не позднее середины 2018 года для текущего производства и новых разработок. Поэтапная ликвидация также осуществляется в Северной Америке и Китае. Многие фирмы по производству электронных изделий, в том числе «Филипс», «Электролюкс», «Сони», «Делл», «Интел», «Шарп», «Эппл» и «Хьюлетт-Пакард», уже ликвидировали или обязались ликвидировать к-декаБДЭ во исполнение Директивы об ООВ ЕС (Renet al., 2011). Другие заинтересованные стороны из промышленного сектора также реализовали/приняли к исполнению добровольные инициативы. В Германии с 1986 года в промышленности действует добровольная договоренность в отношении использования и производства всех ПБДЭ, появление которой было обусловлено опасениями по поводу возможного присутствия продукции бромированных диоксинов/фуранов (Leisewitz & Schwarz, 2001). Это обязательство имело лишь ограниченное воздействие (Leisewitz and Schwarz, 2001). Кроме того, крупные глобальные производители мебели завершили поэтапный отказ от использования ПБДЭ, включая к-декаБДЭ, а несколько производителей матрасов в различных регионах мира сейчас предлагают матрасы, не содержащие ПБДЭ (см. например, <http://mattresszine.com/mattress-news/pbde-free-manufacturer-product-list/>). Существуют и добровольные инициативы по контролю и сокращению потенциальных выбросов коммерческого декаБДЭ в окружающую среду. Кроме того, Европейская ассоциация производителей огнестойких добавок (ЕФРА) совместно с Научно-экологическим форумом по брому (НЭФБ) (глобальной организацией предприятий данной отрасли) объявила о добровольной инициативе, в соответствии с которой участвующие компании будут стремиться регулировать, контролировать и сводить к минимуму

промышленные производящиеся в больших объемах БАП, включая декаБДЭ, в рамках партнерства с участниками производственно-сбытовой цепочки (ВЕКАП, 2012). В 2004 году эта программа под названием «Добровольная программа действий по контролю над выбросами» (ВЕКАП) началась в Европе, а впоследствии распространилась также на Северную Америку и Японию.

## 2. Сводная информация по оценке регулирования рисков

26. Как было указано в характеристике рисков, к-декаБДЭ в больших объемах производится во всем мире (UNEP/POPS/POPRC.10/10/Add.2, UNEP/POPS/POPRC.10/INF/5). В прошлом на к-декаБДЭ приходилось 75–80% общемирового производства ПБДЭ (KemI, 2005; RPA, 2014). Более того, общемировой объем производства к-декаБДЭ в период 1970–2005 годов составил 1,1–1,25 млн. тонн, что аналогично масштабам производства ПХБ (Breivik, 2002).

27. В характеристике рисков (UNEP/POPS/POPRC.10/10/Add.2, см. также таблицу 1 в документе UNEP/POPS/POPRC.11/INF/6) рассматривается множество видов использования применения к-декаБДЭ, однако в целом их можно приблизительно разделить на две основные категории: полимерные пластмассы и текстильные изделия. Как подробно указано в характеристике рисков, использование к-декаБДЭ в этих областях применения различается в зависимости от конкретных стран и регионов. Как далее указано в характеристике рисков, выбросы к-декаБДЭ в окружающую среду происходят на всех этапах его жизненного цикла: во время производства, получения и других видов первичного и вторичного применения в промышленных/рабочих условиях, а также в течение срока службы изделий, их удаления в качестве отходов и в ходе операций по рециркуляции (UNEP/POPS/POPRC.10/10/Add.2 и ссылки в этом документе). Выброс и распространение к-декаБДЭ в окружающей среде через эти пути подтверждены данными мониторинга (UNEP/POPS/POPRC.10/INF/5) и, вероятнее всего, происходят в течение длительного периода времени.

28. Ряд оценок выбросов был выполнен на основе моделирования (UK EA, 2009; RPA, 2014; ЕСНА, 2014а; Earnshaw et al., 2013). В совокупности эти оценки показывают, что выбросы к-декаБДЭ во время срока службы и во время удаления продукции (в качестве отходов) являются наиболее важными источниками высвобождения этого вещества и соответствуют зарегистрированным данным мониторинга окружающей среды (UNEP/POPS/POPRC.10/10/Add.2). К-декаБДЭ также способствует выбросам ПБДЭ с меньшей степенью бромирования, а также бромированных диоксинов и фуранов (ПБДД/Ф), которые непреднамеренно образуются в ходе жизненного цикла таких ПБДЭ, как к-декаБДЭ (UNEP/POPS/POPRC.10/10/Add.2).

29. Следует рассмотреть возможность принятия мер контроля в отношении всех вышеописанных источников воздействия и выбросов, включая этапы производства, использования и регулирования отходов.

### 2.1 Определение возможных мер регулирования

30. Цель Стокгольмской конвенции (статья 1) заключается в охране здоровья человека и окружающей среды от СОЗ. Она может быть достигнута путем включения к-декаБДЭ в приложения А, В и/или С к Конвенции при возможном сопровождении такого включения условиями в отношении некоторых видов применения и/или приемлемых целей. Поскольку БДЭ-209, главная составляющая к-декаБДЭ, в результате переноса на большие расстояния, вероятно, ведет к возникновению значительных отрицательных последствий для здоровья человека и окружающей среды, в связи с чем необходимы глобальные действия (UNEP/POPS/POPRC.10/10/Add.2, UNEP/POPS/POPRC.10/10), и памятуя о принципе предосторожности, закрепленном в статье 1 Конвенции, целью любой стратегии уменьшения риска, обусловленного к-декаБДЭ, должно быть максимальное сокращение и ликвидация выбросов и высвобождений к-декаБДЭ. Наиболее эффективной мерой контроля стало бы включение к-декаБДЭ в приложение А к Конвенции без исключений в отношении производства и применения.

31. Если к-декаБДЭ будет включен в Конвенцию, должны быть выполнены положения статьи 6.1) d) ii). Это означает, что отходы должны удаляться таким образом, чтобы содержащиеся в них СОЗ уничтожались или необратимо преобразовывались и не проявляли свойств СОЗ или удалялись иным экологически безопасным образом, в том случае, если уничтожение или необратимое преобразование не являются экологически предпочтительным вариантом или содержание СОЗ низкое. Сторонам следует также рассмотреть меры по сокращению выбросов и использованию наилучших имеющихся методов и наилучших видов природоохранной деятельности (НИМ/НПД) в фазе регулирования отходов. Кроме того,

каждая Сторона прилагает усилия для разработки надлежащих стратегий по выявлению участков, загрязненных к-декаБДЭ. Если выявлены загрязненные участки и начата их рекультивация, она должна выполняться экологически безопасным образом.

32. В случае если Конференция Сторон согласует конкретные исключения и/или приемлемые цели, должны также рассматриваться меры по сокращению выбросов и использование НИМ/НПД во время производства и изготовления. К числу дополнительных мер, связанных с потенциальными исключениями и/или приемлемыми целями, могут относиться требования о надлежащей и информативной маркировке или других средствах идентификации новой продукции, содержащей к-декаБДЭ, аналогичные требованиям, согласованным при включении ГБЦД (СК-6/13). Маркировка продуктов, содержащих СОЗ, может быть мерой, необходимой для эффективного регулирования продуктов, когда они переходят в категорию отходов. Кроме того, маркировка контейнеров с отходами СОЗ является одним из основополагающих элементов безопасности и факторов успешной работы любой системы регулирования отходов. На каждом контейнере с отходами должен быть ярлык, позволяющий идентифицировать данный контейнер (например, учетный номер), а также определить содержащиеся в нем СОЗ и степень опасности (Basel Convention, 2015b).

33. Некоторые Стороны также выявили необходимость возможного исключения в отношении рециркуляции в соответствии с внесенными в перечень БДЭ. Отмечая наличие опасений по поводу содержащих декаБДЭ использующихся предметов и товаров, а также рециркулированных продуктов, которые экспортируются особенно активно в развивающиеся страны и страны с переходной экономикой, эксперты из африканских стран выступили против исключений в отношении рециркуляции в связи с невозможностью выявления и проведения анализа продуктов, содержащих декаБДЭ. Кроме того, некоторые объединения транспортных предприятий выявили потребность в исключениях в отношении использования к-декаБДЭ в ремонте и модификации летательных аппаратов в рамках имеющихся сертификатов типа, а также в отношении функциональных запасных частей старого образца, которые используются для ремонта и технического обслуживания снятых с производства транспортных средств. Необходимость таких исключений была также поддержана в рамках текущего процесса формулирования ограничений в ЕС, где исключение для автомобильной промышленности поддерживается КСЭА. Канадская ассоциация автомобилестроителей выразила обеспокоенность в связи с перспективой запрета на производство и применение к-декаБДЭ с учетом потребности проводить обслуживание и поставлять запасные части для транспортных средств, уже имеющихся на рынке. Кроме того по данным компании «Боинг» и Ассоциации аэрокосмической и оборонной промышленности Европы, производится замещение к-декаБДЭ во многих новых продуктах, однако в настоящее время это происходит не во всех областях применения. Кроме того, представители авиационной и аэрокосмической промышленности указали на необходимость использования к-декаБДЭ в качестве антипирена в компонентах и запасных частях самолетов, включая широкий ряд полимерных, текстильных и электротехнических элементов. Представляющая автомобильную отрасль ассоциация ЕАПАП попросила о внесении исключения для запасных частей старого образца, обладающих функциональными свойствами. Те части, которые имеют только декоративное назначение, не могут считаться подпадающими под это исключение. Эта просьба связана с требованиями к проведению испытаний оригинальных моделей транспортных средств, массовое производство которых уже не ведется (и нередко не ведется уже довольно давно) и проведение испытаний которых невозможно, особенно испытание их функциональных компонентов. Поэтому вероятно, что производители запасных частей для таких функциональных компонентов просто прекратят их производство. В результате запасные части могут стать недоступны или же появятся не прошедшие испытания и, следовательно, опасные запасные части, или возможно несоблюдение национальных обязательств по поставке подобных частей в течение, как минимум, 10 лет после окончания массового производства. В худшем случае транспортные средства будет невозможно починить, и они перейдут в категорию отходов.

34. Поэтапная ликвидация к-декаБДЭ может включать в себя замену АП, замену смолы/материала и изменение конструкции продуктов, а также переоценку требований пожарной безопасности. Как более подробно говорится в главе 2.3 настоящего документа, альтернативы (хотя и с различными характеристиками опасности) имеются в наличии и доступны во всех видах применения к-декаБДЭ (ЕСНА 2014а; U.S. EPA, 2014а). Кроме того, в широком ряде областей применения к-декаБДЭ на смену ему уже пришли другие АП (Keml 2005).

## 2.2 Эффективность и действенность возможных мер регулирования для достижения цели сокращения рисков

35. В целях сокращения к-декаБДЭ, необходимы меры контроля выбросов на всех этапах жизненного цикла.

36. Хотя отходы признаны существенным источником выбросов к-декаБДЭ, недавно появились сообщения о том, что крупнейшим источником выбросов к-декаБДЭ являются изделия в течение срока их службы (RPA, 2014; ЕСНА, 2014а). В отношении изделий можно рассмотреть различные возможные варианты регулирования рисков. Однако, мерой контроля, которая эффективнее всего будет способствовать уменьшению глобальных выбросов, является глобальный запрет производства и применения к-декаБДЭ в изделиях и недопущение рециркуляции изделий, содержащих к-декаБДЭ. По информации, представленной в разделе 2.3, поэтапная ликвидация к-декаБДЭ в новых изделиях технически осуществима и может быть произведена в короткие сроки, поскольку имеются в наличии и доступны альтернативы для всех известных видов применения. Тем не менее, изделия, находящиеся в использовании, будут способствовать выбросам в окружающую среду в течение некоторого времени после вступления в силу глобального запрета или ограничения на применение. Трудно прогнозировать точно, как долго продукты будут являться источником выбросов к-декаБДЭ. Предполагаемый срок службы продуктов, содержащих к-декаБДЭ, варьируется в зависимости от конкретного продукта (т. е. вида ЭЭО или обивки) и региона мира. Кроме того, к-декаБДЭ используется в таком широком спектре продуктов, что оценка продолжительности срока службы каждого типа продукта является довольно сложной задачей. В оценках выбросов в Европе был взят за основу средний срок службы продолжительностью 10 лет (Earnshaw et al., 2013). В работе Buckens and Yang (2014) говорится, что в мировом масштабе ЭЭО имеет средний срок службы от 3 до 12 лет, при этом более крупные устройства/объекты отличаются большей длительностью срока службы. В Китае предполагаемый срок службы составляет 10-16 лет для большей части продукции ЭЭО за исключением компьютеров, для которых указан срок службы не более 4-6 лет (Yuan, 2015). В некоторых развивающихся странах срок службы различной продукции с к-декаБДЭ может значительно превышать указанные величины.

37. В дополнение к высвобождению из изделий в течение срока их службы значительную озабоченность вызывают также высвобождения из продуктов и изделий, перешедших в категорию отходов (УК ЕА 2009; ЕСНА 2014 а,б). После включения к-декаБДЭ в Стокгольмскую конвенцию уровень концентрации, соответствующий низкому содержанию СОЗ, будет установлен в обычном порядке в сотрудничестве с органами Базельской конвенции, на которые будет также в обычном порядке возложена задача определения методов экологически обоснованного удаления. Введение мер по регулированию отходов, включая меры в отношении продуктов и изделий, перешедших в категорию отходов в соответствии со статьей 6 Конвенции, обеспечит эффективное и действенное удаление отходов, содержащих к-декаБДЭ в концентрациях, превышающих уровень низкого содержания СОЗ, таким образом, чтобы содержащиеся в них СОЗ уничтожались либо удалялись иным экологически безопасным образом. Эти меры будут также касаться надлежащего обращения с отходами, их сбора, перевозки и хранения и будут обеспечивать сведение к минимуму выбросов и связанного с ними воздействия к-декаБДЭ, содержащегося в отходах. Установление уровня низкого содержания СОЗ и введение руководящих принципов, разработанных в рамках Базельской конвенции, поможет Сторонам осуществлять удаление отходов, содержащих к-декаБДЭ, экологически безопасным образом (UNEP/CHW.12/INF/9).

38. Предполагается, что к-декаБДЭ будет присутствовать в пластмассах и текстильных изделиях, которые попадают в несколько разных потоков отходов, таких как «отслужившие свой срок автомобили» (ОСА), э-отходы, текстильные и смешанные отходы. Объем информации об уровнях содержания к-декаБДЭ в этих потоках отходов ограничен. Для обеспечения эффективности глобальных мер и надлежащего обращения с отходами может потребоваться выявление материалов, содержащих БДЭ-209, чтобы содействовать ликвидации содержания СОЗ в отходах (UNEP/CHW.12/INF/9). В потоках отходов материалы, содержащие к-декаБДЭ, могут отсортироваться либо вручную, либо с использованием автоматизированных систем сортировки и сепарации. Автоматическая сортировка будет возможна не всегда, так как содержащие к-декаБДЭ материалы сложно идентифицировать без использования современного технического оборудования, а также ввиду того, что отходы, содержащие к-декаБДЭ, смешиваются с другими материалами, что повышает техническую сложность сортировки. Однако, составление перечня отходов, содержащих к-декаБДЭ, может содействовать Сторонам и промышленности в определении фракций отходов, содержащих к-декаБДЭ, тем самым обеспечивая надлежащую, хотя и более грубую сортировку отходов в том числе ручными

методами. По данным недавно опубликованного исследования Совета министров северных стран (СМСС), процессы обработки э-отходов со значительными элементами низких технологий, включая ручную разборку и разделение э-отходов, в настоящее время позволяют добиться значительно более эффективной рециркуляции по сравнению с высоко механизированными и автоматизированными альтернативами. Подходы на основе низких технологий несут сравнительно более высокие издержки и в иных обстоятельствах могут выглядеть непривлекательными в том секторе, где большую важность имеет высокий технологический уровень.

39. В двух руководящих документах, подготовленных в рамках Стокгольмской конвенции<sup>1</sup>, описаны общие технологии и подходы к идентификации и сортировке отходов, содержащих полибромированные дифениловые эфиры (ПБДЭ), включенные в конвенцию, а также к их рециркуляции. Эти методы совместимы с ручной и автоматической сортировкой отходов. Однако на практике в отрасли рециркуляции отходов сортировка пластмасс осуществляется на основании общего содержания брома, а не отдельных БАП (UNEP/POPS/POPRC.6/2/Rev.1).

40. Одно из недавних исследований, проведенных в Нидерландах, было посвящено «судьбе» СОЗ-БДЭ (включая БДЭ-209) в потоках пластиковых отходов. В целом, СОЗ-БДЭ были обнаружены лишь в немногих автомобилях или электронных отходах. Тем не менее, БДЭ-209 часто (92-100%) обнаруживался в измельченных материалах из э-отходов или автомобилей и в переработанных пластиковых гранулах (100%) в более высоких концентрациях, чем другие СОЗ-БДЭ. Нередко это связано с тем, что такие потоки отходов смешиваются после измельчения (IVM/IVAM, 2013). В Европе в директиве об ОСА сформулирована схема расширенной ответственности производителя (2000/53/ЕС), согласно которой материалы из ОСА должны быть рециркулированы в целях соблюдения жесткой квоты в 85%. В других странах также уже существуют или находятся на стадии разработки правовые обязательства, связанные с рециркуляцией (например, они уже существуют в Корее и разрабатываются в Индии). Общий уровень утилизации ОСА в ЕС достигает приблизительно 85% (EUROSTAT/2015). Швеция сообщила, что пластмасса из ОСА обычно оседает в легких фракциях в результате измельчения (ЛФИ), которые главным образом сжигаются и в некоторых случаях конкретные фракции перевозятся на свалку. В Норвегии БДЭ-209 был обнаружен в автомобильной обивке, произведенной в Азии, в концентрации 1,5-2,5% п.в.; компоненты отходов считаются опасными, если они содержат более 0,25% к-декаБДЭ и сжигаются после измельчения. Большие пластмассовые детали из ОСА в Германии в основном отправляются на рециркуляцию, однако около 10% подлежат повторному использованию. ЛФИ с высокой теплотворной способностью сжигаются или используются для получения энергии, тогда как фракции с низкой теплотворной способностью, но с высоким содержанием минеральных веществ, могут использоваться для засыпки свалок или шахт (RPA, 2014). В ходе исследования, проведенного недавно в Нидерландах, в европейских деталях ОСА БДЭ-209 обнаружено не было, однако он был найден в 59% деталей старых ОСА из США и Азии, собранных до 2001 года. Проанализированные концентрации варьировались в диапазоне от < 2 до 23 000 мкг/г (IVM/IVAM, 2013 и таблицы 2 и 3, соответственно, в UNEP/POPS/POPRC.11/INF/6). В совокупности эти исследования показывают, что необходима сортировка и удаление деталей, содержащих к-декаБДЭ, до уничтожения (т.е. измельчения), а также что операции по рециркуляции могли бы стать важным и эффективным средством недопущения дальнейшего распространения к-декаБДЭ, содержащегося в отходах. Однако следует отметить, что отделение содержащих декаБДЭ частей может быть практически нецелесообразной по причине разнообразия таких частей в ОСА. Технологии сортировки после измельчения, которые способны отделить содержащие к-декаБДЭ фракции, отсутствуют в промышленном масштабе, и особенно, в развивающихся странах. Ключевую роль во внедрении такой практики может сыграть политика расширенной ответственности производителя, в соответствии с которой ответственность производителя за продукт распространяется на стадию жизненного цикла продукта, когда он переходит в категорию отходов. Представители автомобильной отрасли указали на то, что действующие и разрабатываемые в ЕС квоты на рециркуляцию могут быть соблюдены только при условии введения послаблений для рециркуляции ОСА.

41. Уничтожение отходов, содержащих к-декаБДЭ, в соответствии со статьей 6.1 d ii) и 6.2 Конвенции будет способствовать ликвидации выбросов и воздействия, обусловленных отходами. Имеются различные методы экологически безопасного обращения с отходами,

<sup>1</sup> Руководство по кадастру полибромированных дифениловых эфиров (ПБДЭ), указанных в Стокгольмской конвенции о СОЗ; Руководство по кадастру полибромированных дифениловых эфиров (ПБДЭ), указанных в Стокгольмской конвенции о СОЗ.

содержащими СОЗ (Basel Convention 2015a, b; Stockholm Convention, 2012a). Контролируемое сжигание, в ходе которого АП разлагается в процессе сжигания, является одним из способов удаления отходов, содержащих к-декаБДЭ (ЕСНА, 2014). Сжигание при высоких температурах, как правило, считается эффективным способом уничтожения СОЗ, таких как к-декаБДЭ/ПБДЭ, или продуктов, содержащих эти вещества, например, в установках для сжигания опасных отходов и путем совместного сжигания в цементных печах (Basel Convention, 2015a). Экспериментальные данные показывают, что при определенных условиях, в том числе в современных установках по сжиганию твердых бытовых отходов, сжигание отходов СОЗ может привести к образованию полибромированных дибензо-диоксинов (ПБДД), полибромированных дибензофуранов (ПБДФ), бромохлорированных дибензо-п-диоксинов (ПХДД) и дибензофуранов (ПХДФ) (NCM, 2005; ЕСА, 2011; Stockholm Convention, 2012a; Weber and Kuch, 2003). Эти продукты сжигания, образующиеся из отходов, содержащих к-декаБДЭ, могут быть уничтожены при условии непрерывного поддержания очень высокой рабочей температуры и наличия определенного контроля выбросов в окружающую среду с помощью систем очистки дымовых газов; следует отметить, однако, что также будет образовываться загрязненная летучая зола, которая требует удаления на свалку опасных отходов. Показатели эффективности сжигания и эксплуатационные режимы систем очистки дымового газа оказывают большое влияние на итоговые величины выбросов диоксинов (NCM, 2005; SEBFRIP, 2005). В ряде стран и регионов мира имеются мощности для сжигания СОЗ, например, в установках для сжигания опасных отходов или в рамках совместной обработки в цементных печах. Тем не менее, сводная обзорная информация о глобальном потенциале или мощностях для сжигания отсутствует. Следует учесть, что достаточные с технической точки зрения мощности для сжигания опасных отходов СОЗ отсутствуют даже в промышленно развитых странах. Поэтому в краткосрочной перспективе следует рассмотреть возможность транспортировки, включая ее экологические последствия. В других странах, например в Нидерландах, возможности превышают потребности.

42. Если ни уничтожение, ни необратимое преобразование не являются экологически предпочтительным вариантом удаления отходов с содержанием СОЗ, превышающим уровень низкого содержания СОЗ, могут быть использованы другие методы экологически безопасного удаления. Одним из вариантов могут стать специально оборудованные свалки, однако, долгосрочная «судьба» к-декаБДЭ на свалках изучена не слишком подробно, и свалки считаются наиболее крупным источником выбросов к-декаБДЭ из отходов (ЕСНА, 2014a). Мониторинг фильтрата свалок продемонстрировал наличие БДЭ-209 (SFT, 2009; Chen et al., 2013); кроме того, было установлено, что БДЭ-209 является преобладающим конгеном ПБДЭ в отложениях на свалках (SFT, 2009). Однако в настоящее время во многих странах грунтовое захоронение является наиболее распространенным методом удаления отходов, приводя к скапливанию содержащих к-декаБДЭ отходов на свалках (U.S. EPA, 2007). Отходы с уровнем к-декаБДЭ, превышающим уровень низкого содержания СОЗ, могут быть захоронены только на специально оборудованных свалках, спроектированных с целью недопущения выщелачивания и распространения опасных химических веществ, как это описано в соответствующем руководстве в рамках Базельской конвенции (Basel Convention, 1995, 2015a, b; Stockholm Convention, 2012a). Отходы с уровнем к-декаБДЭ ниже уровня низкого содержания СОЗ должны быть удалены экологически безопасным способом согласно соответствующему национальному законодательству и международным нормам, стандартам и руководящим принципам.

43. Еще одной проблемой является шлам (твердые вещества биологического происхождения) сточных вод. Этот шлам может использоваться в качестве удобрения на сельскохозяйственных почвах, и было установлено, что во многих случаях он содержит БДЭ-209 (de Wit et al., 2005; NEA 2012; NERI, 2003; Ricklund et al., 2008a, b; Earnshaw et al., 2013). Во многих странах шлам из очистных сооружений сжигается или удаляется на свалку ввиду наличия в нем загрязнителей окружающей среды в высоких концентрациях. Если концентрация декаБДЭ в шламе при переходе в отходы превышает пределы низкого содержания СОЗ, согласно определению из пункта 2 статьи 6 Конвенции, то такой шлам считается опасными отходами. Предупреждение образования и минимизация отходов СОЗ являются первыми и наиболее важными шагами в общем процессе экологически обоснованного регулирования таких отходов. В Руководящих принципах по НИМ/НПД Стокгольмской конвенции подчеркивается важность сокращения числа источников, включая минимизацию количества отходов и уменьшение их токсичности и других опасных свойств (Stockholm Convention, 2012a). В пункте 2 статьи 4 Базельской конвенции Сторонам предлагается «обеспечить сведение к минимуму производства опасных и других отходов». Предупреждение образования отходов должно быть предпочтительным вариантом в рамках любой политики в области регулирования отходов. В соответствии с рамочной основой

экологически обоснованного регулирования опасных и других отходов потребность в регулировании отходов и/или рисков и расходов, связанных с таким регулированием, можно сократить за счет предупреждения образования отходов и обеспечения того, чтобы образующиеся отходы имели менее опасные свойства (UNEP, 2013a).

44. Другим вариантом регулирования отходов является рекуперация энергии. Пластмассы, содержащие АП, могут уничтожаться на мусоросжигательных заводах в целях рекуперации энергии. Сжигание с рекуперацией энергии представляет собой процесс, в ходе которого энергия, вырабатываемая при сгорании отходов пластмассы, рекуперирована и используется для производства тепла и/или электроэнергии для бытового или промышленного использования. Сообщалось, что в ЕС некоторые измельченные фракции отходов пластмассы из ОСА сжигаются в целях рекуперации энергии (IVM/IVAM, 2013; RPA, 2014). В 2010 году в Германии 40% измельченных фракций ОСА были сожжены в целях рекуперации энергии, тогда как большие пластмассовые детали ОСА в основном отправлялись на рециркуляцию, а 10% - на повторное использование (RPA, 2014).

45. Запрет на переработку материалов, содержащих к-декаБДЭ, будет способствовать устранению рисков, связанных с процессом рециркуляции и продолжающимся воздействием через продукты и отходы. Для сокращения выбросов к-декаБДЭ потребуются меры по регулированию отходов, предусмотренные статьей 6 d) Конвенции и направленные на сокращение или ликвидацию выбросов из запасов и отходов, включая продукты и изделия, превратившиеся в отходы, с уровнем к-декаБДЭ, превышающим уровень низкого содержания СОЗ. В рекомендациях КРСОЗ об устранении ПБДЭ из потока отходов отмечается, что цель состоит в максимально оперативном устранении ПБДЭ из рециркулируемых потоков. Невыполнение этого условия неизбежно приводит к более обширному загрязнению организма человека и окружающей среды и рассеиванию ПБДЭ в вещества, рециркуляция из которых не представляется технически или экономически возможной, а также к утрате доверия к рециркуляции в долгосрочной перспективе (решение КРСОЗ-6/2).

46. Хотя материалы, содержащие к-декаБДЭ, допускают неоднократную рециркуляцию с небольшой потерей содержания к-декаБДЭ (Hamm et al., 2001; цитируется по Earnshaw et al., 2013), применение такой практики приведет к дальнейшему распространению к-декаБДЭ в окружающей среде, а также воздействию на человека. Доля рециркулируемых пластмасс, используемых для производства новых изделий, неизвестна (ЕСНА 2014a). Тем не менее, чем больше рециркулированных продуктов с низкой концентрацией БДЭ-209 имеется на рынке, тем сложнее будет выявлять отходы, содержащие к-декаБДЭ. Пластмассы, содержащие к-декаБДЭ, в составе смешанных отходов пластмассы, направляемых на рециркуляцию, вероятно, будут проникать в новые продукты, где их будет трудно отслеживать. БДЭ-209 также обнаружен в продуктах, изготовленных из переработанных пластмасс, в том числе в изделиях, контактирующих с пищевыми продуктами (ИКП) (Samsonek and Puype 2013; Puype et al., 2015). Уровень БДЭ-209 был измерен в 10 из 49 объектов, и его концентрация варьировалась от 10 до 1922 мг/кг (Samsonek and Puype, 2013). В ходе недавнего исследования БДЭ-209 был обнаружен в ИКП, таких как крышки термостаканов и ножи для яиц, изготовленные из переработанных э-отходов (Puype et al., 2015). Эти исследования наглядно демонстрируют, что продукты, изготовленные из переработанных материалов с содержанием к-декаБДЭ, повторно поступают на рынок и что некоторые из них, такие как игрушки и ИКП, используются таким образом, который может потенциально представлять угрозу здоровью человека.

47. Кроме того, некоторые отходы, содержащие к-декаБДЭ, в итоге поступают в страны, не имеющие объектов инфраструктуры или технологий для экологически безопасного удаления отходов. Развивающиеся страны сталкиваются с экономическими проблемами и не имеют инфраструктуры для рационального регулирования опасных отходов, испытывая по этой причине особые трудности в этом отношении (ILO 2012). Поскольку экологически ответственные варианты регулирования отходов сопряжены с использованием высоких технологий и требуют больших финансовых вложений, в настоящее время наблюдается большое число трансграничных (зачастую незаконных) перевозок э-отходов в развивающиеся страны в целях удешевления их рециркуляции (SAICM/ICCM.2/INF/36). Имеющиеся оценки трансграничного экспорта э-отходов крайне непоследовательны (обзор в Breivik et al., 2014). Кроме того, сообщалось, что из собираемых в развитых странах и отправляемых для рециркуляции э-отходов 80% перевозится в развивающиеся страны, где их рециркуляцией занимаются сотни тысяч работников неофициального сектора (ILO, 2012). Нерегулируемые процессы рециркуляции могут представлять опасность для работников и населения в связи с воздействием токсичных химических веществ (U.S. EPA. 2014a; Bi et al., 2007; Qu et al., 2007; Tue et al., 2010; Tsydenova and Bengtsson 2011). Например, ЭЭО, содержащее к-декаБДЭ и другие токсичные вещества, зачастую утилизируется в условиях, способствующих

относительно более высоким объемам выброса БДЭ-209 в окружающую среду и загрязнению территории (Zhang et al. 2014), а также воздействию на детей (Xu et al., 2014) и работников (Tue et al. 2010). Как описано выше, в развивающихся странах отсутствует инфраструктура для рационального регулирования опасных отходов, и регулированием отходов обычно занимаются работники неофициального сектора, использующие примитивные методы: обычно изделия и э-отходы, содержащие к-декаБДЭ, направляются на открытое сжигание и на свалки (Li et al., 2013; Gao et al., 2011; ILO, 2012).

48. В последние годы инфраструктура для сбора и утилизации электроники значительно расширилась, главным образом в Европе и некоторых частях Азии, за счет автоматизированных технологий выделения металлов и пластмасс из электронных изделий. От 25% до 30% э-отходов, образующихся каждый год, состоит из пластмасс, и менее 10% этих пластмасс в настоящее время подвергается рециркуляции. Исходя из данных анализа массовых потоков отходов, приведенных в нидерландском исследовании, предполагается, что 22% СОЗ-БДЭ, содержащихся в э-отходах, в конечном итоге окажутся в составе рециркулированных пластмасс. Это же исследование показывает, что в автомобильном секторе 14% СОЗ-БДЭ, как ожидается, в конечном итоге поступит в составе пластмасс на рециркуляцию, тогда как еще 19%, как ожидается, в конечном итоге окажутся в составе бывших в употреблении деталей (т.е. в категории повторного использования) (IVM 2013). Кроме того, БДЭ-209 был обнаружен в 100% изученных изоляционных материалов и основ напольных покрытий, а также в 25% пластмассовых игрушек; оба этих продукта были изготовлены из переработанных пластмасс (IVM 2013). В США примерно 15-20% ЭЭО после использования направляются на рециркуляцию, и 80-85% вывозятся на свалку или сжигаются (U.S. EPA, 2007). Положение с регулированием текстильных отходов в Европе и других регионах отличается неопределенностью. Тем не менее, Европейское агентство по химическим веществам (ЕАХВ) указывает, что в настоящее время содержащие к-декаБДЭ текстильные изделия в ЕС не рециркулируются (ЕСНА, 2014а). Неясен уровень рециркуляции текстильных материалов в государствах Сторон и содержание в них декаБДЭ. Таким образом, сложно определить, окажет ли ограничение на рециркуляцию содержащих декаБДЭ текстильных изделий экономическое влияние на отрасль рециркуляции текстиля.

49. В настоящее время ежегодно в ЕС в среднем перерабатывается около 20% всех пластмассовых отходов, из которых лишь небольшая часть приходится на огнеупорные пластмассы (RPA, 2014; ЕСНА, 2014а, ЕЕРА 2015). В настоящее время в ЕС 30% всех ОЭЭО содержат АП и лишь в среднем около 5% пластмасс, обрабатываемых на специализированных заводах по рециркуляции пластмасс, состоят из пластмасс с БАП (ЕЕРА 2015; ЕСНА, 2014а). В США ожидается увеличение объема рециркуляции ЭЭО в будущем в силу требований государственного законодательства, однако в 2012 году из общего объема пластмассовых отходов лишь 9% было направлено на рециркуляцию (U.S. EPA, 2014а,с). Что касается текстильных изделий, то в ЕС и США рециркуляция материалов не производится или ее объемы весьма ограничены (ЕСНА, 2014а; U.S. EPA, 2014а; RPA, 2014).

50. Согласно имеющейся литературе по уровням БДЭ-209 в потоках отходов из Европы, эти показатели ниже предела обнаружения в смеси различных видов пластмасс, полученных из таких категорий, как различная малая бытовая техника (С2), малая бытовая техника (Р32) и телевизоры с плоским экраном (Р42), тогда как смеси различных видов пластмасс из таких категорий, как ЭЛТ-мониторы (Р31) и ЭЛТ-телевизоры (например, старые компьютеры и телевизоры) могут содержать в среднем 3200 и 4400 частей на миллион БДЭ-209 (Wager et al., 2011). Согласно исследованию, посвященному э-отходам в Нигерии, БДЭ-209 был обнаружен в 15% (в 24 из 159) проверенных телевизоров. Концентрация варьировалась от 0,086 до целых 23,7%, при этом средний показатель составлял 5,7%. К-декаБДЭ был обнаружен в 4,5% протестированных ПК с ЭЛТ (в 10 из 224). Что касается компьютерных мониторов, то в них концентрация варьировалась от 0,26 до 5,4%, при этом средний показатель составил 1,28%.

51. Коммерческие смеси ПБДЭ к-пентаБДЭ (тетра- и пентаБДЭ), а также к-октаБДЭ (гекса- и гептаБДЭ) включены в приложение А к Конвенции с конкретными исключениями для случаев рециркуляции. Для оказания Сторонам поддержки в осуществлении стратегий по сокращению объемов рециркуляции материалов, содержащих ПБДЭ, КРСОЗ (решение КРСОЗ-6/2, UNEP/POPS/POPRC.6/2/Rev.1) изложил ряд рекомендаций, которые касаются в том числе и к-декаБДЭ. В целом, КРСОЗ рекомендовал как можно скорее устранить ПБДЭ из потоков отходов, направляемых на рециркуляцию. Согласно этой рекомендации изделия, содержащие ПБДЭ, должны отделяться от потока отходов до их рециркуляции. Невыполнение этого условия неизбежно приводит к более обширному загрязнению организма человека и окружающей среды и рассеиванию ПБДЭ в вещества, рекуперация из которых не представляется технически или экономически возможной. Кроме того, ПБДЭ не следует

растворять, поскольку это не приведет к сокращению их общего количества в окружающей среде.

52. Чтобы отсортировать отходы, содержащие к-декаБДЭ, для экологически обоснованного регулирования и предупредить и/или свести к минимуму рециркуляцию изделий, содержащих к-декаБДЭ, необходимы эффективные методы скрининга и разделения материалов, содержащих АП. Когда методы скрининга и разделения неприменимы, а предполагаемая концентрация превышает низкий уровень содержания СОЗ, следует проявлять осторожность и избегать рециркуляции таких отходов. Кроме того, не допускается экспорт отходов, продуктов и изделий, содержащих к-декаБДЭ, в развивающиеся страны, поскольку обычно у них не имеется достаточного потенциала или технологий для переработки отходов экологически обоснованным образом, а защита работников носит ограниченный характер или не предусмотрена вообще.

53. Производство и нисходящее промышленное использование к-декаБДЭ также способствует выбросам к-декаБДЭ (UNEP/POPS/POPRC.10/10/Add.2). Хотя на этих стадиях жизненного цикла объем выбросов считается, как правило, небольшим (ЕСНА, 2014а), воздействие промышленного производства и использования на окружающую среду может быть ощутимым и будет с большой вероятностью определяться применяемой технологией и методами организации такой деятельности. Отсутствие тенденций к снижению содержания к-декаБДЭ в окружающей среде после принятия промышленностью добровольных мер по сокращению выбросов в ходе производства и промышленного использования (ЕСНА, 2014а) свидетельствует о том, что объем выбросов в течение срока службы и на стадии отходов гораздо выше, чем на этапе производства и что необходим запрет производства к-декаБДЭ, чтобы полностью прекратить его высвобождение на данных этапах его жизненного цикла, а также высвобождение из изделий, находящихся в пользовании.

54. Запрет на производство и использование компонента к-декаБДЭ БДЭ-209 вместе с мерами регулирования отходов в целях сокращения или ликвидации выбросов из запасов и отходов, включая продукты и изделия, превратившиеся в отходы, будет эффективным способом устранения всех выбросов БДЭ-209, а также может рассматриваться как наиболее подходящий вариант поэтапного отказа от БДЭ-209 в рамках Стокгольмской конвенции.

55. Альтернативным вариантом может стать включение компонента к-декаБДЭ БДЭ-209 в приложения А, В или С с исключениями и/или указанием допустимых видов применения. Тем не менее согласно информации, представленной Сторонами в соответствии с приложением F, предполагается, что технически осуществимые альтернативы имеются для всех видов применения. Однако еще в октябре 2014 года некоторые наблюдатели, представляющие промышленность, выразили озабоченность в связи с вопросами обслуживания и замены деталей старого образца в изделиях, уже находящихся в пользовании, и указали на возможную потребность в этом веществе в транспортном секторе. В авиационной и автомобильной промышленности идет процесс поэтапной ликвидации к-декаБДЭ, и некоторые материалы и компоненты могут по-прежнему содержать это вещество. Представляющая автомобильную отрасль ассоциация ЕАПАП уже сообщила о глобальном прекращении использования к-декаБДЭ в текущем производстве и новых разработках к середине 2018 года. Таким образом, исключение необходимо только для некоторых запасных частей старого образца, обладающих функциональными свойствами. Кроме того, несколько Сторон предположили, что может потребоваться исключение в отношении рециркуляции в соответствии с согласованными договоренностями в отношении БДЭ, ранее внесенных в перечень СОЗ. Другие Стороны выступают против исключения в отношении рециркуляции в связи с нехваткой возможностей для выявления и анализа продуктов, содержащих декаБДЭ.

## 2.3 Информация об уместных альтернативах (продуктах и процессах)

56. АООС США и ЕАХВ недавно опубликовали комплексные оценки химических альтернатив к-декаБДЭ (U.S. EPA, 2014а; ЕСНА, 2014а). Оценка АООС США содержит подробные данные об опасностях для здоровья человека и окружающей среды, обусловленных 29 веществами и смесями, которые были определены как потенциальные альтернативы к-декаБДЭ в различных видах применения (см. таблицу 4, UNEP/POPS/POPRC.11/INF/6). В докладе, опубликованном ЕАХВ, определены 13 химических веществ для дальнейшей оценки и анализа в качестве альтернатив к-декаБДЭ (ЕСНА, 2014а; см. таблицу 5, UNEP/POPS/POPRC.11/INF/6). Ранее проводились и другие оценки альтернатив к-декаБДЭ (LSCP, 2005; Illinois, 2006; CPA 2007; DME, 2007; ECB, 2007; Washington, 2008; Maine, 2010; ENFIRO, 2013). В рамках исследовательского проекта, ENFIRO производилась оценка

вариантов замены отдельных БАП путем сравнения информации об опасности и тестирования огнестойкости и эксплуатационных характеристик в различных видах применения.

57. На сегодняшний день большинство оценок альтернатив к-декаБДЭ/БДЭ-209 касалось в основном замещения к-декаБДЭ альтернативными химическими веществами (т.е. химическими веществами с огнестойкими свойствами, которые могут стать непосредственной заменой к-декаБДЭ в изделиях). Тем не менее в некоторых оценках описаны также альтернативные методы повышения огнестойкости (ЕСНА, 2014а; U.S. EPA, 2014а).

58. Обзор имеющихся вариантов замены к-декаБДЭ приводится в разделах 2.3.2-2.3.5 ниже и в документе UNEP/POPS/POPRC.11/INF/6.

59. Ниже (таблица 3) представлены категории материалов и секторов/продуктов, в которых к-декаБДЭ использовался или используется в настоящее время во всем мире (см. также более подробную информацию в таблицах 1, 6 и 7 в документе UNEP/POPS/POPRC.11/INF/6).

Таблица 3

**Краткое описание полимеров, в которых к-декаБДЭ используется в качестве АП, и их конечного применения по категориям**

| Группа полимеров                                                                       | Конечные виды применения |                  |                     |                        |                              |         |                                    |                            |                            |
|----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|------------------|---------------------|------------------------|------------------------------|---------|------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
|                                                                                        | Электронное оборудование | Провода и кабели | Общественные здания | Строительные материалы | Автомобильная промышленность | Авиация | Хранение и распределение продукции | Текстильная промышленность | Водные эмульсии и покрытия |
| Полиолефины <sup>1</sup><br>(ПЭ, ПП, ЭВА)                                              | x                        | x                | x                   | x                      | x                            | x       | x                                  | x                          | x                          |
| Стиролы <sup>2</sup><br>(ПС, УППС, АБС)                                                | x                        |                  | x                   | x                      | x                            | x       | x                                  |                            |                            |
| Технический термопласт <sup>3</sup><br>(Полиэфир (ПЭТ, ПБТ), ПА, ПК, ПК-АБС, ПЭЭ-УППС) | x                        | x                | x                   | x                      | x                            | x       |                                    | x                          | x                          |
| Реактопласты <sup>4</sup><br>(НПЭ, эпоксидные смолы, смолы на основе меламины)         | x                        |                  | x                   | x                      | x                            | x       | x                                  | x                          | x                          |
| Эластомеры <sup>5</sup><br>(каучук ЭПДМ, термопластичный ПУ, ЭВА)                      | x                        | x                | x                   | x                      | x                            | x       | x                                  | x                          | x                          |
| Водные эмульсии и покрытия <sup>6</sup>                                                | x                        | x                | x                   | x                      | x                            |         |                                    | x                          | x                          |

Источник: U.S. EPA, 2014a (Table 2.3.1)

<sup>1</sup> Полиолефины: полиэтилен (ПЭ), полипропилен (ПП), этиленвинилацетат (ЭВА).

<sup>2</sup> Стиролы: полистирол (ПС), ударопрочный полистирол (УППС), акрилонитрилбутадиенстирол (АБС).

<sup>3</sup> Технические термопласты: полиэстеры (полибутилентерефталат (ПБТ), полиэтилентерефталат (ПЭТ)), полиамиды (ПА, нейлоны), поликарбонат (ПК) и ПК-АБС, полифенилэфир — ударопрочный полистирол (ПЭ-УП), ПФЭ-УППС.

<sup>4</sup> Термореактивные пластмассы (реактопласты): ненасыщенные полиэфир (НПЭ), эпоксидные смолы, смолы на основе меламины.

<sup>5</sup> Эластомеры: каучук на основе этилен-пропилен-диенового мономера (каучук ЭПДМ), термопластичные полиуретаны (термопластичный ПУ), ЭВА.

<sup>6</sup> Водные эмульсии и покрытия: акриловые, поливинилхлоридные (ПВХ), этиленвинилхлоридные и уретановые эмульсии.

### 2.3.1 Альтернативные вещества

60. При выборе альтернативы к-декаБДЭ следует учитывать различные соображения. В пункте 3 статьи 3 Стокгольмской конвенции указано, что Стороны, которые имеют схемы регулирования и оценки новых химических веществ должны принять меры регулирования с целью не допустить производства и применения новых химических веществ, которые обладают

свойствами СОЗ. Кроме того, в соответствии с пунктом 4 статьи 3, Сторонам следует учитывать критерии СОЗ, указанные в приложении D, при проведении оценок используемых в настоящее время химических веществ. Согласно руководству КРСОЗ по альтернативам и заменителям, альтернативы должны быть доступными, эффективными и технически осуществимыми (UNEP/POPS/POPRC.5/10/Add.1). Кроме того, заменяющее вещество в идеальном случае не должно существенно увеличивать издержки - как производственные, так и издержки, понесенные в результате ущерба для окружающей среды и здоровья человека. Для пользователей на последующих этапах сбытового цикла производственные затраты могут быть (однако не обязательно становятся) важнейшим аспектом при замене одного химического вещества на другое. Например, для технических полимеров, которые представляют собой материалы с исключительными механическими свойствами, общая функциональность считается более важным фактором, чем цена (KemI, 2005). Кроме того, для тех видов применения, где рассматриваются химические заменители, сначала следует оценить необходимость наличия огнеупорных характеристик и, при ее наличии, каким образом соответствующий уровень огнестойкости может быть достигнут без неблагоприятных последствий для окружающей среды и здоровья человека (ЕСНА 2014а). К примеру, как указано в главе 2.3.5 ниже, в области ЭО ликвидация источников возгорания или снижение рабочего напряжения может устранить потребность в АП (LCSP, 2005).

61. Как указано в работе ЕСНА (2014а), сделанный той или иной отраслью выбор нового химического заменителя «будет зависеть от того, когда запланировано введение возможных дальнейших регламентационных мер, и от того, насколько легко данная альтернатива может использоваться для замены к-декаБДЭ». Другими словами, предполагается, что пользователи на дальнейших этапах сбытового цикла будут менее склонны выбирать альтернативные вещества, в отношении которых в настоящее время или в будущем могут быть приняты регламентационные меры регулирования рисков. Также предполагается, что они будут выбирать так называемые «прямые» альтернативы т.е. альтернативные вещества с техническими свойствами, аналогичными уже используемому химическому веществу, которые могут быть поэтапно введены в процесс производства с минимальными усилиями. Тем не менее, замена альтернативными химическими веществами может потребовать дополнительных изменений в составе продукта или перехода на другие классы полимеров, и производители продуктов, переходящие на новые АП, возможно, должны будут проверить ряд химических веществ или химических составов, чтобы определить, отвечают ли они требованиям, которые предъявляются к их свойствам в конечной продукции (U.S. EPA, 2014a).

62. Характеристики рисков, подготовленные АОС США (U.S. EPA, 2014a; таблица 4, UNEP/POPS/POPRC.11/INF/6) показывают, что «некоторые из химических альтернатив имеют характеристики рисков, аналогичные к-декаБДЭ; другие альтернативы имеют ряд слабых мест по конечным показателям опасности; некоторые альтернативы имеют предпочтительные характеристики по сравнению с к-декаБДЭ. АП с аналогичными характеристиками являются стойкими, потенциально способны к биоаккумуляции и склонны проявлять опасные свойства в плане канцерогенности, нейротоксичности для развития и токсичности при приеме повторных доз. Другие альтернативы вызывают озабоченность в связи с опасностями, касающимися различных конечных показателей, например токсичности для водных видов, а также имеют ряд слабых мест в плане опасности по сравнению с к-декаБДЭ. Предполагается, что крупные полимеры менее опасны, так как их большой размер ограничивает их биодоступность. К сожалению, их долгосрочная судьба в окружающей среде неизвестна, и при горении галогенизированные полимеры могут образовывать галогенизированные диоксины и фураны. Побочные продукты сгорания в данном докладе не оцениваются» (U.S. EPA, 2014a). Аналогичные выводы могут быть сделаны на основе информации об опасности и риске, содержащейся в работе ЕСНА (2014а).

63. Среди различных категорий химических альтернатив БАП, как представляется, могут рассматриваться как прямая замена для множества известных видов применения к-декаБДЭ (ЕСНА 2014а; U.S. EPA, 2014a). Кроме того, выявлены возможные сочетания негалогенизированных АП/полимеров, которые могут стать альтернативами большинству видов применения к-декаБДЭ. Некоторые из комбинаций негалогенизированных АП/полимеров могут также проявлять более оптимальные свойства, чем комбинации к-декаБДЭ/полимеров (ENFIRO, 2013; см. таблицу 8, UNEP/POPS/POPRC.11/INF/6).

64. С промышленной точки зрения, т.е. с учетом технических и экономических аспектов и производственных затрат, декабромдифениловый этан (ДБДФЭ) считается наиболее приемлемой заменой к-декаБДЭ (ЕСНА 2014а). По данным Министерства окружающей среды Канады, ДБДФЭ является экономически эффективной заменой к-декаБДЭ в тех областях, где его применяют канадские производители, и считается, что в США и Канаде «в настоящее

время, вероятно, производится» переход с к-декаБДЭ на ДБДФЭ (ЕСНА 2014а). ДБДФЭ также рассматривается как наиболее вероятный заменитель к-декаБДЭ в ЕС (ЕСНА, 2014а). Однако АОС США определило ДБДФЭ как вещество с «высокой опасностью по токсичности для развития» и с «высокой опасностью по биоаккумуляции». Такие выводы были сделаны на основе значений, полученных с помощью моделей прогнозирования, и/или мнений специалистов. Характеристика ДБДФЭ как вещества с «очень высокой опасностью по стойкости» основана на эмпирических данных (U.S. EPA, 2014а). Кроме того, в ЕС производится оценка ДБДФЭ в связи с опасениями по поводу того, что он может обладать характеристиками СБТ/вСвБ (ЕСНА 2014b, UK EA 2007). Другие вещества также могут рассматриваться в качестве технически осуществимых и недорогих альтернатив для конкретных видов применения к-декаБДЭ. Этилен-бис- (тетрабромфаламид) (ЭБТБФ) определен в качестве еще одного бромсодержащего АП, который может заменить к-декаБДЭ во многих областях его применения (ЕСНА, 2014а). Однако, согласно работе ЕСНА (2014а), в которой сравнивается рыночная стоимость к-декаБДЭ и его альтернатив, информация с сайта Alibaba.com свидетельствует, что ЭБТБФ является более дорогим, чем к-декаБДЭ и ДБДФЭ. Поэтому ЭБТБФ может быть менее привлекательной альтернативой, чем ДБДФЭ с учетом более высоких производственных затрат. Тем не менее, следует помнить, что затраты не отражают эффективность альтернатив.

65. Альтернативные вещества для замены к-декаБДЭ в пластмассах, текстильных изделиях и других видах применения более подробно рассматриваются в разделах 2.3.2-2.3.4 ниже, а подробная информация об опасностях альтернатив к-декаБДЭ для окружающей среды и здоровья, определенных в исследовании U.S. EPA (2014), приводится в таблице 4 документа UNEP/POPS/POPRC.11/INF/6. Аналогичным образом подробный обзор 13 альтернативных веществ, определенных в предложении ЕС об ограничении к-декаБДЭ, их применимости для различных видов применения, ценах, загрузке, свойствах для окружающей среды и здоровья человека и экономической осуществимости приводится в таблице 5 документа UNEP/POPS/POPRC.11/INF/6 (более подробную информацию см. также в документе ЕСНА, 2014а). Возможные сочетания негалогенизированных АП/полимеров, выявленные в рамках проекта ЕНФИРО, представлены в таблице 8 документа UNEP/POPS/POPRC.11/INF/6, тогда как другие альтернативы, выявленные в рамках процесса, предусмотренного в приложении F, представлены в таблице 9 документа UNEP/POPS/POPRC.11/INF/6.

### 2.3.2 Пластмассы

66. На сегодняшний день отрасль по изготовлению пластмасс является основным пользователем АП, и наибольшие объемы АП поставляются производителям сырьевых материалов (KemI, 2005). Объемы к-декаБДЭ, которые используются при производстве пластмасс и текстиля разнятся по разным регионам мира, однако до 90% к-декаБДЭ применяется для изготовления пластмасс и электронных изделий, а оставшаяся часть задействована в производстве текстильных изделий с пропиткой, мягкой мебели и матрасов (ЕСНА, 2014а; U.S. EPA, 2014а). Как и любые другие добавки, АП выбираются заводом-изготовителем сырья с учетом присущих им свойств и совместимости с полимером, а также в целях достижения необходимых технических характеристик конечного продукта, определяемых промышленными заказчиками (например, производителями автомобилей или мебели). В сфере автомобилестроения это значит, что спецификация конечного потребителя определяет только эксплуатационные требования, предъявляемые к компонентам, но не выбор материала поставщиками.

67. Крупнейшие области применения к-декаБДЭ в пластмассах - это производство ЭЭО, включая корпуса для ЭЭО, провода и кабели, а также малые электрические компоненты (U.S. EPA, 2014а; см. таблицу 1, UNEP/POPS/POPRC.11/INF/6). В США основным указанным видом применения является изготовление передних и задних панелей телевизоров из ударопрочного полистирола (УППС) (Levchick, 2010), однако к-декаБДЭ использовался также в электронных разъемах, изготовленных из заполненных стеклом ПБТ или нейлонов. Другие выявленные виды применения пластмасс с к-декаБДЭ в качестве БАП включают в себя здания, строительные материалы, продукты для хранения и распределения, такие как пластиковые поддоны, сектор транспорта (автомобили, самолеты, поезда и корабли). Из-за ограничений на использование к-декаБДЭ в ЭЭО на крупных рынках, например, в Европе и Китае, многие крупные компании по производству электротехнического и электронного оборудования отказались от использования к-декаБДЭ (KemI, 2005; U.S. EPA, 2014а). Конечные виды применения, в которых происходит поэтапная ликвидация к-декаБДЭ, включают изготовление передних и задних панелей телевизоров из УППС, электронных разъемов, изготовленных из заполненных стеклом полибутилентерефталата (ПБТ) или нейлона (Levchick, 2010 in U.S. EPA, 2014а). Запрет

на использование соответствующего медицинского ЭО в ЕС вступил в силу 22 июля 2014 года. Тем не менее, пластмассы с к-декаБДЭ в качестве АП до сих пор используются во всем мире в различных ЭО, включая бытовую технику и инструменты, такие как пылесосы (в корпусах и внутренних компонентах) и моющие приборы. В этих приборах, корпуса обычно изготавливаются из полипропилена (ПП), УППС или АБС (U.S. EPA 2014a; Levchick, 2010). Еще одна область, где к-декаБДЭ все еще применяется во всем мире, - это небольшие электротехнические детали, такие как электрические розетки или декоративные фонари, а также провода и кабели, которые обычно изготавливаются из полиэтилена высокой плотности (ПВП), ПП или полифениленэфира (ПФЭ) (U.S. EPA 2014a; Levchick, 2010). Кроме того, в глобальном масштабе к-декаБДЭ по-прежнему используется в пластмассах ПБТ и полиамидах (ПА), которые применяются в автомобильных, электрических и сантехнических деталях, таких как корпуса, коммутаторы и другие небольшие внутренние детали более крупных электротехнических устройств (Weil and Levchik 2009). В большинстве областей применения полимерных пластмасс, где обычно используется к-декаБДЭ, доступны и уже применяются другие АП (KemI 2005).

68. В авиационной промышленности к-декаБДЭ по-прежнему используется в электрических проводах и кабелях, внутренних компонентах и ЭО старых самолетов и космических аппаратов. В транспортном секторе к-декаБДЭ продолжает использоваться в пластмассах для ЭО, армированных пластмассах, в моторных отсеках и внутренних деталях, а также в деталях интерьеров автомобилей. Он также используется в других видах транспорта (U.S. EPA, 2014a; см. таблицу 1, UNEP/POPS/POPRC.11/INF/6). Большинство огнестойких (часто полиамидных) пластмасс, используемых в транспортных средствах, находятся в моторном отсеке. Кроме того, одной из существенных огнестойких деталей является теплоизоляционная перегородка между двигателем и салоном. Следует отметить, однако, что в Европе противопожарные требования к транспортным средствам не слишком строги, поэтому большинство автомобильных пластмасс не обладают огнеупорными свойствами (IVM/IVAM, 2013). Тем не менее большинство глобальных автопроизводителей соблюдают американский Федеральный стандарт безопасности автотранспорта (FMVSS) 302 в отношении своего глобального производства. Кроме того, во всех странах ЕЭК ООН в отношении автобусов должны применяться меры пожарной безопасности согласно ЕЭК ООН 118.

69. К-декаБДЭ до сих пор используется в игрушках в Китае (информация, представленная Китаем в соответствии с приложением F; Chen et al. 2009), в производстве синтетического каучука, в качестве антипиренов для конвейерных лент в шахтах, включая подземные угольные шахты, и в производстве лент, применяемых для уплотнения воздуховодов в вентиляционных шахтах (информация, представленная Австралией в рамках приложения F). До недавнего времени к-декаБДЭ использовался также в пластмассовых транспортных поддонах в США (U.S. EPA, 2014a), однако компания-изготовитель этих поддонов уже закрыла производство (АООС США, личные сообщения), а в трех штатах США (Мэн, Орегон и Вермонт) запрещены производство, продажа и распространение транспортных поддонов, содержащих к-декаБДЭ (Maine, 2008; Oregon, 2011; Vermont, 2013).

70. В отношении пластмасс в ЭО стратегии замещения варьируются от замены каучуковых составов и АП до полного перепроектирования самой продукции. Альтернативные методы, такие как перепроектирование, подробно описаны в разделе 2.3.3 ниже. Согласно предложению ЕС об ограничении к-декаБДЭ, в котором проанализированы различные альтернативы этому веществу, имеется восемь возможных альтернативных химических веществ, которые как представляется, могут заменить к-декаБДЭ в пластмассовых полимерах (ЕСНА, 2014a):

- a) декабромдифениловый этан (ДБДФЭ);
- b) бисфенол-А-бис(дифенилфосфат) (БДФ/БАФФ);
- c) резорцинол-бис(дифенилфосфат) (РДФ);
- d) этилен-бис(тетрабромфталимид) (ЭБТБФ);
- e) магния гидроксид (МДГ);
- f) трифенилфосфат (ТФФ);
- g) алюминия тригидроксид (АТГ);
- h) красный фосфор.

71. Кроме того, один производитель сообщил о наличии экологических огнезащитных систем, которые могут использоваться как альтернативы к-декаБДЭ. Обзор полимерных пластмасс, содержащих к-декаБДЭ и альтернативных АП для этих целей, включая применение последующими участниками производственно-сбытовой цепочки, приводится в таблицах 5-9 документа UNEP/POPS/POPRC.11/INF/6.

72. Подробная информация о видах использования/применения, загрузке, издержках и опасностях выявленных альтернатив к-декаБДЭ в пластмассах приведена в таблицах 5 и 9 документа UNEP/POPS/POPRC.11/INF/6. Обычно к-декаБДЭ используется в пластмассах/полимерах в пропорции 10-15% по весу, хотя в некоторых случаях были зарегистрированы количества, достигающие 20% (ЕСНА 2012с). По данным изготовителя, Рахумег® имеет отличные, проверенные эксплуатационные характеристики в составе ПП и ПЭ при уровне добавления от 2% до 32% в зависимости от вида последующего применения и использования. Представленные величины загрузки и издержек на другие альтернативы, используемые в пластмассах, составляют 1%-60% и 1-12 евро/кг, соответственно (см. таблицы 5 и 9 документа UNEP/POPS/POPRC.11/INF/6).

73. В определенных видах применения пластмассы должны в обязательном порядке соответствовать нормативным требованиям пожарной безопасности. Соблюдение требований пожарной безопасности в отношении пластмасс контролируется путем четко описанных испытаний на воспламеняемость, например, в документах Международной электротехнической комиссии (МЭК) или в положениях и процедурах утверждения компании Underwriters' Laboratories Inc. (UL) (последняя работает главным образом на рынке США) (KemI, 2005). Однако, хотя эти правила являются обязательными для данного рынка, нет никаких предписаний, которые требуют использования определенных АП с целью соблюдения данных стандартов или правил. Следовательно, решение о том, какой метод использовать, принимают изготовители. Идеальный химический АП для пластмасс должен быть совместим с ними (т.е. не должен изменять механические свойства пластмасс), не должен менять цвет пластмассы, должен иметь хорошую светостойкость и должен быть устойчив к старению и гидролизу. Кроме того, идеальный химический АП должен совпадать с определенной схемой теплового поведения и должен начинать проявлять его до начала термического разложения пластмассы, не должен вызывать коррозию, не должен иметь вредных физиологических эффектов и не должен выделять (либо, по меньшей мере, должен выделять низкие количества) токсичных газов. Кроме того, в идеальном случае такая альтернатива должна быть как можно более дешевой. Однако, как указывалось ранее, для технических полимеров функциональность обычно важнее цены, а цена не является наиболее важным необходимым фактором при выборе альтернативы (KemI, 2005). Как указывалось выше, требования пожарной безопасности для транспортных средств в Европе не носят очень строгого характера. Тем не менее большинство глобальных автопроизводителей в отношении своего глобального производства соблюдают стандарты безопасности, прописанные в американском Федеральном стандарте безопасности автотранспорта (FMVSS) 302. Кроме того, во всех странах ЕЭК ООН в отношении автобусов должны применяться меры пожарной безопасности согласно ЕЭК ООН 118.

74. В целом, на рынке имеются и доступны эффективные и технически осуществимые альтернативы использованию к-декаБДЭ в качестве АП в пластмассах (и синтетическом каучуке) (ЕСНА, 2014а). Наиболее вероятной «прямой» заменой к-декаБДЭ в большинстве пластмасс может стать ДБДФЭ, однако другие альтернативы или нехимические методы могут обеспечить более устойчивую долгосрочную замену к-декаБДЭ, чем ДБДФЭ (ЕСНА, 2014а).

### 2.3.3 Текстильные изделия

75. К-декаБДЭ традиционно применяется в текстильных изделиях как изнаночное покрытие в синергическом сочетании с оксидом сурьмы (АСК) (LCSP, 2005). Галоген-АСК может точно добавляться в смоляное связывающее вещество. К-декаБДЭ сначала смешивают с АСК с формированием водного раствора, который затем смешивается с полимерной эмульсией, содержащей, например, природный или синтетический каучук, ЭВА, сополимер бутадиенстирола или ПВХ (ЕСНА, 2012с). На антипиреновую смесь к-декаБДЭ/АСК может приходиться 18-27% от общего веса продукта (Washington, 2006). Легкие ткани обычно требуют более высокой загрузки АП, чем тяжелее ткани. Огнестойкие изнаночные покрытия обладают большой эффективностью для широкого спектра тканей, в том числе полиамида/нейлона, полипропилена, акриловых и смешанных тканей, таких как нейлон-полиэстер.

76. В США к-декаБДЭ используется в текстильных изделиях для транспорта (городские автобусы, поезда, авиация и корабли), в шторах, которые применяются в рабочих и общественных местах, в мебели для рабочих зон высокого риска, таких как дома престарелых,

больницы, тюрьмы, гостиницы, а также в военных изделиях (навесах, палатках и защитной одежде), но не используется в потребительской одежде (LCSP 2005; BSEF 2007 цитируется по U.S. EPA, 2014a). Однако в нескольких штатах США применение к-декаБДЭ в бытовых обивочных материалах и матрасах больше не допускается (LCSP, 2015). В ЕС к-декаБДЭ используется также в бытовых драпировочных и мебельных материалах (пеноматериалах, набивках и изнаночных покрытиях, преимущественно в странах с определенными стандартами пожаробезопасности, таких как Соединенное Королевство (ЕСНА, 2014a). В Японии 60% используемого к-декаБДЭ применяется для производства автомобильных сидений, и сообщается также, что еще 15% используется для изготовления других текстильных изделий (Sakai et al., 2006). По данным американских источников в мебельной промышленности, в 99% случаев для выполнения текущих национальных стандартов обивочных материалов в жилых помещениях химические АП не требуются (Illinois, 2007; Maine, 2007a). Возможно, что аналогичная ситуация складывается и в Европе. При тестировании 320 комбинаций 20 видов наружных тканей и 18 видов набивочных материалов для мягкой мебели, предназначенной для рынка ЕС, 38% из комбинаций без АП прошли тестирование на предмет возгорания от спички и сигареты, а в группе, которая прошла лишь испытания с использованием сигареты, на комбинации без АП приходилось 62% материалов (CBUF цитируется по Guillaume et al., 2008).

77. Отсутствие маркировки и информации по использованию АП на потребительских товарах затрудняет оценку источников воздействия на человека. Различные виды экологической или «зеленой» сертификационной маркировки могут указывать, что данный продукт не содержит АП. Тем не менее, АП все еще широко используются в мебели. Например, в ходе исследования по анализу 102 образцов пенополиуретана из диванов для жилых помещений, приобретенных в США с 1985 года по 2010 год, АП были обнаружены в 85% образцов. Что касается диванов, приобретенных после 2005 года, трис(1,3-дихлоризопропил) фосфат (ТДХПФ) был обнаружен в 52% образцов, а компоненты, связанные со смесью Firemaster550 были обнаружены в 18% образцов. Кроме того, в 13% образцов была обнаружена смесь негалогенизированных фосфорорганических АП (Stapleton et al., 2012). Текстильное покрытие пеноматериалов, в котором также можно было ожидать присутствия к-декаБДЭ, в данном исследовании не анализировалось.

78. Замена к-декаБДЭ в текстильных изделиях является довольно непростой задачей ввиду сложности конечных продуктов и широкого спектра возможных подходов к замещению. Эти подходы включают в себя использование других АП, альтернативных тканей, негорючих тканей, барьерных слоев и нетканых материалов. Тем не менее ряд экономических доступных вариантов замены к-декаБДЭ уже применяется в производстве мебели, матрасов, драпировки и других текстильных изделий. Варианты замены для текстильных материалов могут варьироваться от бромированных антипиреновых добавок, таких как ДБДФЭ до альтернативных методов и негорючих материалов, которые описаны в разделе 2.3.3 настоящего документа.

79. Несколько европейских отраслевых заинтересованных сторон подтвердили, что ДБДФЭ является предпочтительной альтернативой к-декаБДЭ в текстиле с учетом его технической совместимости с существующими процессами и его цены по сравнению с к-декаБДЭ (ЕСНА, 2014a; RPA, 2014; Klif, 2008). Тем не менее, акцент на «прямых» решениях может ограничивать инновационное мышление, необходимое для поиска эффективных и экологически безопасных решений (LCSP, 2009).

80. Существует несколько заменителей к-декаБДЭ для синтетических материалов, однако их растворимость в воде приводит к снижению их прочности, поскольку они «вымываются» во время стирки. Натуральным тканям легче (чем синтетическим) придать огнестойкость химическими методами, и имеется несколько химических заменителей к-декаБДЭ, не содержащих галогенов, для натуральных целлюлозных или белковых волокон, таких как хлопок, шерсть, гидратцеллюлозное волокно (вискоза, модал и лиоцелл) и лен. В их число входят:

- a) аммония полифосфаты (АПФ);
- b) диметилфосфоно(Н-метилол) пропионамид;
- c) фосфоновые кислоты, такие как (3-{[гидроксиметил]амино}-3-оксипропил)-диметил эфир;
- d) тетраakis(гидроксиметил)фосфониевая аммониевая соль.

81. Сополимеризация относится к включению добавки в процесс прядения волокна из расплава, в ходе которого АП физически входит в состав матрицы волокна. Наиболее

распространенным АП для полиэфира является полиэтилентерефталат с включенным в него фосфором на полиэфирной основе. Этот модифицированный полиэфир используется в большинстве текстильных изделий, он устойчив к стирке и считается хорошей заменой антипирену на основе к-декаБДЭ/сурьмы. На полиэстер приходится 30% мирового объема производства волокна (см. рис 1, UNEP/POPS/POPRC.11/INF/6). Виды применения включают в себя изготовление одежды и драпировочных тканей. Драпировочные ткани, в которых используются огнестойкие полиэфиры, можно стирать в воде, так как фосфатные АП являются частью полимерной цепи и не растворяются в воде (LCSP, 2005).

82. В работах ЕСНА (2014а) и U.S. EPA (2014а) рассматривается информация о рисках и опасностях, связанных с выявленными альтернативами. Единого варианта замены к-декаБДЭ для текстильных изделий не имеется (таблицы 11 и 12, UNEP/POPS/POPRC.11/INF/6), однако наличие на рынке множества вариантов позволяет понять, что осуществимые подходы существуют (LCSP, 2005). Это подтверждается данными о наличии нескольких галогенизированных и негалогенизированных АП, которые содержатся в исследовании химических веществ, широко используемых в текстильной промышленности (KemI, 2014, см. таблицу 13, UNEP/POPS/POPRC.11/INF/6). В качестве наиболее вероятных химических альтернатив к-декаБДЭ в текстильных изделиях были определены следующие семь веществ (ЕСНА, 2014а):

- a) алюминия тригидроксид (АТГ);
- b) магния гидроксид (МДГ);
- c) трис (1,3-дихлор-2-пропил) фосфат (ТДХПФ);
- d) этилен-бис(тетрабромфталимид) (ЭБТБФ);
- e) 2,2'-оксис-[5,5-диметил-1,3,2-диоксафосфоринан] 2,2'-дисульфид;
- f) тетрабромбисфенол-А-бис (2,3-дибромпропилэфир) (ТББФА) (только для полимеров);
- g) красный фосфор;
- h) декабромдифениловый этан (ДБДФЭ).

### 2.3.4 Другие виды применения

83. В дополнение к использованию в текстильных изделиях и пластмассах к-декаБДЭ используется в составе герметиков, клеев, строительных пеноматериалов и покрытий, а также в некоторых видах применения в строительстве зданий и сооружений. К-декаБДЭ используется в стеновых и кровельных панелях, которые, как правило, изготовлены из композитов ненасыщенного полиэстера и стекла (НПЭ); напольной плитке; и ковровых покрытиях коммерческого класса. К-декаБДЭ используется также, например, в изоляционных материалах и в кровельных материалах, таких как мембраны и пленки для использования в закрытых пространствах в качестве защитных конструкций на строительных площадках (таблица 1, UNEP/POPS/POPRC.11/INF/6). К-декаБДЭ также может присутствовать в элементах воздухопроводов, таких как покрытие или изоляция воздухопроводов. В предложении ЕС об ограничении к-декаБДЭ в качестве альтернативных веществ для этих видов применения определены следующие шесть химических веществ:

- a) магния гидроксид (МДГ);
- b) алюминия тригидроксид (АТГ);
- c) этилен-бис(тетрабромфталимид) (ЭБТБФ);
- d) фосфатная смесь с замещенным амином (вспучивающиеся системы Ф/Н);
- e) красный фосфор;
- f) декабромдифениловый этан (ДБДФЭ).

### 2.3.5 Альтернативные методы и изначально огнестойкие материалы

84. Альтернативы, которые устраняют необходимость в химических АП путем замены материала или изменения конструкции и при этом удовлетворяют соответствующим стандартам пожарной безопасности и требованиям к рабочим характеристикам, являются предпочтительными, особенно когда они включают в себя химические вещества с низкой токсичностью и содержат рециркулируемые или биоразлагаемые материалы (New York State, 2013). Оценки технической и экономической осуществимости альтернатив к-декаБДЭ

сосредоточены главным образом на альтернативных химических веществах, которые могут стать непосредственной заменой к-декаБДЭ в изделиях (раздел 2.3.2 выше). Тем не менее огнеупорных свойств можно добиться за счет использования альтернативных методов, таких как применение изначально огнестойких материалов, использование других технических решений, т. е. барьеров или полного изменения структуры продукта. Например, для устранения АП источники питания могут быть экранированы металлом или даже могут быть выведены наружу, как это было сделано в случае принтеров и аккумуляторных телефонов (LCSP, 2005). Изначально огнестойкие материалы могут соответствовать стандартам пожаробезопасности без специальной обработки или без использования химических добавок. Кроме того, такие средства защиты включены в структуру волокон и поэтому менее склонны к истиранию или вымыванию (DuPont, 2010). Указанные альтернативные методы могут использоваться во множестве материалов и видов применения, и задействованы в текстильной промышленности, производстве электроники, самолетов и наземных транспортных средств; в некоторых случаях они могут использоваться вместо к-декаБДЭ. Примеры различных альтернативных методов, их свойств и конечной продукции, относящиеся к настоящей оценке, приведены в таблицах 14 и 15 документа UNEP/POPS/POPRC.11/INF/6.

### Пластмассы

85. Альтернативой использованию химических АП является перепроектирование самого продукта. Перепроектирование позволило успешно отказаться от к-декаБДЭ в нескольких видах ЭЭО. Перепроектирование продукта (например, i) отделение компонентов высокого напряжения, которые нуждаются в большей защите от воспламенения, от компонентов низкого напряжения, и ii) снижение рабочего напряжения) позволяет уменьшить потребность в огнезащитных материалах для изготовления корпуса.

86. Другой альтернативный вариант перепроектирования продукции предусматривает устранение из нее источников питания. Это распространенный метод, применяемый во многих устройствах, включая принтеры и аккумуляторные телефоны. Отдельные источники питания, как правило, представляют собой черные короба, подключенные к шнуру питания, но не включенные в состав самой системы. Отдельный источник питания снижает требования к огнестойкости корпуса электронного устройства. Перепроектирование и изготовление измененного продукта потребует более высокого уровня научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по сравнению с простым замещением к-декаБДЭ альтернативным химическим АП, однако такое решение может быть более устойчивым в качестве долгосрочной альтернативы.

87. Металл или изначально огнестойкая пластмасса могут использоваться как альтернативные материалы в некоторых электронных продуктах. Варианты, которые устраняют необходимость в АП путем замены материала и при этом удовлетворяют стандартам пожарной безопасности и рабочим спецификациям, являются предпочтительными, такие материалы получены из химических веществ с меньшей токсичностью и/или допускают возможность рециркуляции и биоразложения (CRA, 2015). Возможность замены материалов, которая устраняет/уменьшает потребность в химических АП, была продемонстрирована компанией «Эппл инк», которая поэтапно ликвидировала БАП (включая к-декаБДЭ) во многих своих компьютерных продуктах, таких как ноутбуки, мониторы, центральные процессоры и серверы (Apple Inc.). «Эппл инк» заменила корпуса электронных устройств, ранее изготавливавшиеся из поликарбоната, корпусами из алюминиевого сплава, тем самым устранив потребность в использовании АП (Apple Inc.). Ряд международных производителей электронного оборудования («Эрикссон нетворк технолоджиз», «Электролюкс», «Ай-би-эм», «Атлас копко», «Сони Эрикссон» и «Хьюлетт Пакард») сообщили, что они поэтапно ликвидировали или никогда не использовали к-декаБДЭ в своих продуктах (KemI, 2005).

88. Также были представлены сведения о том, что внедрение огнестойких металлических барьеров, которые отделяют или изолируют наиболее легковоспламеняющиеся детали от остальных частей изделия и устраняют необходимость АП, таких как к-декаБДЭ (LCSP, 2005).

89. В оценке ЕС (ЕСНА, 2014а) были выявлены различные альтернативные методы, которые могут быть использованы для замены к-декаБДЭ (в качестве АП) в пластмассах. К ним относятся вспучивающиеся системы, нанокompозиты, вспенивающийся графит, дымоподаватели, полимерные смеси, использование изначально огнеупорных материалов и перепроектирование продукции. Эти альтернативные методы подробно описаны в таблице 14 документа UNEP/POPS/POPRC.11/INF/6. Другой вариант предусматривает создание в изделии слоев, заполненных полимером с высокой степенью огнестойкости и полимером с низкими огнеупорными свойствами или без таковых. Этот способ позволяет придать уровень

огнестойкости, аналогичный обработке огнеупорным составом всего полимера, и при этом помогает сохранить механические свойства данного полимера (ЕСНА, 2012с).

90. Использование изначально огнеупорных материалов представляет собой еще один альтернативный метод, который может быть принят во внимание. Галогенизированные полимеры, такие как ПВХ имеют АП-свойства, поскольку из них во время горения высвобождаются радикалы галогенов. Этот эффект часто усиливается путем добавления в галогенизированные полимерные смеси синергистов, таких как АСК. Однако, ПВХ в качестве БАП могут образовывать после сгорания диоксины и кислоты, поэтому они не являются предпочтительным альтернативным огнеупорным материалом (Blomqvist et al., 2007a). Ниже указаны полимерные материалы, которые изначально обладают огнестойкими свойствами и которые могут рассматриваться как замена полимеров на основе к-декаБДЭ, таких как поли(бутилентерефталат) (ПБТЭ) или полиамид/нейлон (ПА) (DME, 2006):

- а) безгалогенный поликетон (значительно более затратный по сравнению с ПБТЭ и ПА);
- б) термопласты высокой плотности, такие как полисульфон, полиарилэфиркетон (ПАЭК) или полиэфирсульфон (ПЭС).

91. Для некоторых видов применения изначально огнестойкие материалы могут сочетаться с перепроектированием с использованием металлических корпусов и другими решениями. Обугливающиеся полимеры, такие как полиимиды, полиарамида, жидкокристаллические полиэфир, полифенилсульфиды, полиарилены и многие термореактопласты, как правило, тоже имеют большую огнестойкость. Если базовый полимер обладает свойствами АП, то в зависимости от вида конечного использования достаточный уровень огнестойкости может быть обеспечен без использования химических АП или с намного меньшей требуемой загрузкой АП (ЕСНА, 2012 с).

92. Некоторые примеры новых изначально огнестойких материалов упоминаются в литературе или на коммерческих веб-сайтах, и они часто рекламируются как заменители к-декаБДЭ (ЕСНА, 2012с; Albemarle, 2013; Great Lakes, 2013; PR Newswire, 2010). Для внедрения этих альтернативных материалов может потребоваться перепроектирование продукта, и их использование потребует более высокого уровня научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по сравнению с прямым замещением к-декаБДЭ альтернативным химическим АП. Тем не менее дополнительные преимущества такого варианта включают повышение безопасности с точки зрения окружающей среды и здоровья человека.

#### Текстильные изделия

93. Альтернативный подход к обеспечению огнестойкости мебели заключается в перепроектировании продуктов с использованием в них невоспламеняющихся материалов или барьерных технологий (LCSP, 2005). Варианты конструкции продукта позволяют успешно удовлетворять всем текущим и ожидаемым стандартам пожарной безопасности. Приемлемыми являются два подхода: 1) использование обивочных тканей из изначально огнестойких материалов, 2) использование огнеупорных барьеров между обивочной тканью и легковоспламеняющимся внутренним пеноматериалом.

94. Существуют огромные различия в огнестойкости различных волокон и тканей. Использование АП в текстильных изделиях можно избежать, если сам материал будет негорючим или слабогорючим. Целый ряд синтетических волокон обладают изначально огнестойкими свойствами, включая арамид, вискозу, новолоид, полиамиды и меламин. Некоторые из этих волокон начинают активно использоваться для обивки мебели и матрасов. Традиционно они использовались для соблюдения самых строгих стандартов в таких видах применения, как пожарное снаряжение, одежда для астронавтов и одежда для водителей гоночных автомобилей. Изначально огнестойкие волокна, такие как полигалоалкены, содержат галогены, например, поливинилхлорид и винилбромид, тогда как другие, включая полиарамидные и меламиновые волокна, галогенов не содержат (LCSP, 2005; см. таблицу 10, UNEP/POPS/POPRC.11/INF/6). Другие изначально огнеупорные материалы включают гидратцеллюлозу с добавлением фосфора, полиэфирные волокна и арамиды (Weil and Levchik, 2009). Кроме того, некоторые природные материалы, например, кожа и шерсть, обладают изначальной огнестойкостью. При должной плотности плетения они могут соответствовать требованиям пожаробезопасности без какой-либо дополнительной обработки АП. Поэтому некоторые природные материалы, такие как шерсть, могут использоваться в качестве барьерных материалов в мебели (Klif, 2011).

95. Еще один подход предусматривает сочетание натуральных и синтетических волокон, поскольку натуральные волокна обладают большей огнестойкостью. Смешивание волокон является распространенным методом снижения горючести горючих волокон. Полиэстер (полиэфир) обычно смешивается с хлопком и такая «полиэстерно-хлопковая» смесь может выдержать простое испытание на возгораемость вертикальной полосы ткани, если она содержит меньше 50% полиэстера. Кроме того, для снижения горючести хлопка обычно используются смеси хлопка с нейлоном (Gnosys et al., 2010) или полиэстера с меламином. Некоторые обивочные, драпировочные ткани и ткани для матрасов изготовлены из комплекса нескольких изначально огнестойких волокон, смешанных с менее огнестойкими волокнами. В некоторых случаях более оптимальные «на ощупь» волокна, такие как хлопок и полиэстер, могут сочетаться с более огнестойкими волокнами, такими как меламин; ткань из такой смеси обладает хорошими свойствами и в плане комфорта, и в плане огнестойкости (LCSP, 2005).

96. Важным аспектом противопожарной защиты мебели и матрасов является использование барьеров между внешними тканями и внутренним пеноматериалом. В производстве матрасов произошел сдвиг, и теперь в них широко используются огнестойкие барьеры (Maine 2007b; IKEA 2014). Огнезащитные барьеры изготавливаются из изначально огнестойких волокон, таких как шерсть, параарамид, меламин, модакрил или стекловолокно, и не зависят от использования химических антипиренов. Кроме того, многие из этих волокон изготавливаются из негалогенных материалов. Некоторые барьеры также могут состоять из смеси недорогих волокон и дорогих изначально огнестойких волокон. Эти барьеры защищают от сгорания набивочный материал матрасов, футонов или пружинных матрасов. Они полностью изолируют внутренние материалы и должны комбинироваться с огнеупорными кромочными швами, лентами и нитями (LCSP 2005). Помимо использования волоконных смесей, многие производители применяют хлопково-ватинные материалы, обработанные борной кислотой. Эти хлопковые материалы представляют собой самую низкочастотную барьерную технологию и используются для содействия выполнению требований пожарной безопасности. Тем не менее, использование борной кислоты вызывает озабоченность ввиду наличия подозрений о ее токсичном воздействии на репродуктивную функцию человека. Исследования на животных свидетельствуют о воздействии на репродуктивную функцию у крыс и мышей при наличии борной кислоты в рационе до периода спаривания и в течение этого периода (Weir and Fisher 1972; NTP 1990 как указано в New York State Department of Health 2013). В качестве барьеров также используются пластмассовые пленки, особенно пленки из изначально огнестойкой пластмассы, например, из неопрена (полихлоропрена) (LCSP, 2005).

97. В текстильных изделиях, как и в пластмассах, противопожарная безопасность может быть также обеспечена за счет использования системы вспучивающихся огнестойких покрытий (Klif, 2011; U.S. EPA, 2014a). Такое покрытие представляет собой вспенивающуюся обугленную пленку, которая выполняет функцию теплоизолятора. Система вспучивающегося огнестойкого покрытия, как правило, представляет собой сочетание источника углерода для получения эффекта обугливания, соединения, вырабатывающего кислоту, и разлагающегося соединения для генерирования исходящих газов для вспенивания обугленной корки (Weil and Levchik 2009). Толщина такой корки в 10-100 раз превышает толщину первоначально нанесенного покрытия и изолирует субстрат за счет своей низкой теплопроводности, делая такие системы эффективным средством уменьшения возгораемости и воздействия дымовых газов (Keml, 2006). Несколько систем вспучивающихся огнестойких покрытий для применения в текстильных изделиях имеются на рынке в течение порядка 20 лет и доказали свою высокую эффективность. Системы вспучивающихся огнестойких покрытий включают в себя пеноматериалы пропитанные вспенивающимся графитом, поверхностную обработку и барьерные технологии использования полимерных материалов (Klif, 2011). Системы вспучивающихся огнестойких покрытий могут оказаться непригодными для некоторых видов текстильных изделий в качестве БАП на обратной стороне.

### 2.3.6 Стандарты пожарной безопасности, соответствующие требования и решения

98. Обществу необходимы системы для уменьшения числа пожаров, их предупреждения и защиты жизни людей. Каждый год во всем мире пожары вызывают ранения и смерть людей и уничтожают имущество. С другой стороны, в странах со строгими правилами пожарной безопасности использование некоторых АП и проистекающее из этого загрязнение окружающей среды и организма человека, как сообщается, выше, чем в других странах с более гибкими правилами выполнения требований пожарной безопасности (Klif, 2011). Это означает, что осведомленность об этих вопросах имеет большое значение при поиске заменителей опасных АП.

99. По результатам исследования, в котором сравнивались статистические данные о пожарах в Европе, США и Новой Зеландии, был сделан вывод о том, что курение и приготовление пищи в сочетании с наличием мягкой мебели и текстильных изделий представляют собой наиболее распространенные причины и схемы пожаров в жилых помещениях, приводящих к фатальным последствиям (NIFV, 2009). Мужчины, дети и пожилые люди являются наиболее частыми жертвами, и еще одним важным фактором пожаров в жилых помещениях с летальным исходом является употребление алкоголя. Большинство таких пожаров происходит в гостиной или спальне, в ночное время, в выходные дни; горение распространяется на (мягкую) мебель, текстильные изделия, технику или одежду. В Европе мягкая мебель играет существенную роль почти в 50% всех случаев гибели в результате пожаров в жилых помещениях, а в США в 18% случаев смерти в результате домашнего пожара сначала воспламеняется мягкая мебель (ACFSE, 2001; NFPA, 2013). Полиуретановые пеноматериалы, находящиеся в мягкой мебели, вносят крупный вклад в увеличение объема ядовитого дыма (Molyneux et al., 2014; Stec et al., 2011). Статистические данные по Норвегии показывают, что 23% всех пожаров в жилых помещениях начинаются на кухне, в то время как 19% и 9% начинаются в гостиной и спальне, соответственно, где находится мягкая мебель (NFPA, 2014).

100. Огнестойкость материала или продукта обычно проверяется по воспламеняемости, легкости тушения огня, скорости его распространения, коэффициенту тепловыделения и дымообразованию (Weil and Levchik 2009). Противопожарные требования к продуктам часто зависят от предполагаемого использования (например, к административным зданиям применяются более строгие требования по сравнению с жилыми домами). Обычно правила пожарной безопасности предписывают применение проверенных технических стандартов, разработанных организациями по стандартизации, такими как ИСО, Международная электротехническая комиссия (МЭК) или Европейский комитет по стандартизации (ЕКС), а также компаниями по консультированию и сертификации в области безопасности, такими как Underwriters' Laboratory INC (UL). Однако ни национальные правила пожарной безопасности, ни технические стандарты не предписывают использования конкретных химических АП для выполнения требований пожарной безопасности. Кроме того, характеристики продукции по этим стандартам испытаний не всегда связаны с характеристиками в условиях реального возгорания. В Соединенном Королевстве, Ирландии и Калифорнии ранее применялись испытания с открытым сгоранием мягкой мебели, что приводило к более широкому использованию БАП и увеличению внутреннего содержания этих веществ (UNEP/POPS/POPRC.10/10/Add.2, UNEP/POPS/POPRC.10/INF/5). В настоящее время в Соединенном Королевстве идет пересмотр руководства по испытаниям для целей регулирования. Возможно, что нынешние «испытания с воздействием спичек и сигарет», когда тестируемая ткань испытывается на неизменяемой при сгорании полиуретановой пене, будут заменены испытаниями фактического итогового состава на предмет его огнестойкости (DBIS 2014). В документе DBIS указано, что это позволит добиться сокращения объема используемых в настоящее время АП до 50%. В Калифорнии стандарты воспламеняемости мебели были изменены таким образом, чтобы исключить использование АП в будущем (TB117-2013).

101. АП могут временно замедлять распространение огня и последующее выделение тепла в течение короткого времени, что может позволить людям спастись, но они также могут повышать токсичность выбросов. Объем токсичных выбросов можно уменьшить путем включения барьерного материала в сочетании с АП. Токсичность при сгорании является основной причиной смерти и травм в ходе пожаров, однако она обычно не принимается во внимание регулирующими органами. Во время пожара образуется несколько токсичных газов, и некоторые из них связаны с присутствием БАП, тогда как другие не имеют отношения к БАП. Горение материалов, содержащих галогенизированные антипирены, во время пожаров или сжигания содержащих антипирен отходов может повышать токсичность дымовых газов в результате увеличения выбросов монооксида углерода, кислотных газов, таких как бромистый водород и бромированных и хлорированных диоксинов и фуранов (Simonson et al., 2000; Blomqvist et al., 2007b, Shaw et al., 2010). Кроме того, исследования показывают, что БАП в сочетании с сурьмой образуют большие объемы СО и HCN, двух основных удушающих веществ, связанных с пожарами (Molyneux et al., 2014; Stec et al., 2011). Поэтому общее сокращение обработанных антипиреном материалов может вести к сокращению риска появления проблем со здоровьем у населения и пожарников, если противопожарную безопасность можно обеспечить иными средствами. В соответствии с этими выводами группой ученых были поставлены под сомнение общие преимущества использования этих веществ для выполнения требований пожарной безопасности, (Jayakody et al., 2000; DiGangi et al., 2010).

102. В жилых и административных зданиях пожарную безопасность можно усилить посредством ежегодных просветительских кампаний, посвященных безопасному использованию электрических компонентов, свечей, каминов, печей, а также путем установки детекторов дыма нового поколения и т.п. Требования по обеспечению легкого доступа к путям эвакуации и средствам пожаротушения, таким как пожарные краны, автоматические разбрызгиватели, огнетушители и огнезащитные покрывала, являются важными мерами по предотвращению и сокращению потерь от пожаров и облегчению выхода из горящих зданий. Прочие решения в области безопасности включают в себя сигареты с «уменьшенной возгораемостью» (СУВ), которые должны затухать, если они остаются без присмотра. В штате Нью-Йорк эти меры, по всей видимости, позволили уменьшить число летальных случаев, связанных с возгораниями от сигарет, на 41%. Теперь эти меры обязательны во всех штатах США, Канаде, Австралии и ЕС. Решения для электротехнической продукции могут включать в себя установку встроенных тепловых датчиков, которые отключают прибор, если он становится слишком горячим. Регулярный контроль и замена электропроводки также являются мерами пожарной профилактики.

103. Во время хранения, например на складах, пожарная безопасность может быть усилена за счет соответствующей практики управления. Согласно информации ИПЕН в рамках приложения F, при использовании пластмассовых поддонов пожарная безопасность может быть обеспечена без АП путем введения комплекса методов управления хранением поддонов (например, путем ограничения высоты их штабелирования и увеличения расстояния между штабелями поддонов) и/или с помощью систем пожаротушения.

104. Согласно информации, представленной авиационной промышленностью, аэрокосмическая продукция подпадает под действие строгих правил летной годности и сертификационных технических требований, которыми определяются стандарты функциональных свойств, в том числе в отношении воспламеняемости. Обзор этого процесса представлен в разделе 2.1 работы ЕСНА, 2014. Эти требования пожарной безопасности и огнестойкости направлены на предупреждение и/или контроль пожаров в ходе полетов, когда возможности эвакуации ограничены, и после аварии, когда основной задачей является эвакуация с учетом возможного возгорания топлива. Этим определяется выбор используемых веществ. Детали и компоненты летательных аппаратов должны выдерживать возгорание в течение определенного времени в зависимости от области применения, и материалы, используемые во внутренней отделке, при возгорании не должны образовывать токсичного дыма или избыточного тепла. По этим причинам такие материалы как АП применяются в местах, уязвимых с точки зрения возгорания и высокой температуры (например, вокруг двигателей). Такие органы контроля летной годности, как Европейское агентство по авиационной безопасности (EASA), Управление гражданской авиации Китая (CAAC), Управление гражданской авиации Министерства транспорта Канады (TCCA), Национальное агентство гражданской авиации (ANAC), Управление безопасности полетов гражданской авиации Австралии (CASA) и Федеральное авиационное управление США, отвечают за разработку, регулирование и обеспечение соблюдения стандартов воспламеняемости<sup>2</sup>. Было доказано, что такие стандарты воспламеняемости в авиации значительно снизили вероятность смерти от огня в авиационных происшествиях с возможностью выживания - в три раза за последние 40 лет (FAA, 2010) (компания «Боинг», личное общение).

<sup>2</sup> Примеры гражданских стандартов воспламеняемости:

EASA (e.g., CS 25.853, Appendix F) – <https://www.easa.europa.eu/system/files/dfu/CS-25%20Amdendment%2016.pdf>

CAAC (e.g., 第25.853 条, 附录F) – <http://www.caac.gov.cn/B1/B6/201112/P020111209503321901800.pdf>

TCCA (e.g. 525.853, Appendix F) –

<https://www.tc.gc.ca/eng/acts-regulations/regulations-sor96-433.htm#v>

ANAC (references U.S. 14 CFR 25)

<http://www2.anac.gov.br/biblioteca/rbac/RBAC25EMD136.pdf>

CASA – (e.g., Part 90 Subdivision 3.2, references 14 CFR 25.853) –

[http://www.comlaw.gov.au/Details/F2011C00871/Html/Text#\\_Toc306971168](http://www.comlaw.gov.au/Details/F2011C00871/Html/Text#_Toc306971168)

FAA (e.g., §25.853, Appendix F) –

[http://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-idx?tpl=/ecfrbrowse/Title14/14cfr25\\_main\\_02.tpl](http://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-idx?tpl=/ecfrbrowse/Title14/14cfr25_main_02.tpl).

## 2.4 Резюме информации о воздействии возможных мер регулирования на общество.

105. В случае глобального сокращения или уничтожения к-декаБДЭ можно рассчитывать на благоприятное воздействие на здоровье людей и состояние окружающей среды. На своем десятом совещании КРСОЗ заключил, что БДЭ-209 в силу своего переноса в окружающей среде на большие расстояния при нынешнем уровне воздействия и эффектов может приводить к значительному вредному воздействию на здоровье людей и окружающую среду, которое требует глобальных действий (UNEP/POPS/POPRC.10/10/Add.2).

### 2.4.1 Здравоохранение, в том числе общественное здравоохранение, санитария окружающей среды и гигиена труда

106. В глобальной окружающей среде широко присутствует БДЭ-209, и некоторые виды, в частности, некоторые виды птиц, а также выдры и лисы, живущие в городских и пригородных районах, имеют высокое содержание этого вещества в организме (UNEP/POPS/POPRC.10/10/Add.2). Кроме того, в организмах некоторых видов, например, лягушек, рыб и птиц, уровни БДЭ-209 приближаются или находятся в пределах диапазона зафиксированных эффективных концентраций, влияющих на развитие, имеющих нейротоксическое воздействие и нарушающих работу эндокринной системы. Сообщалось, что концентрации БДЭ-209 у сайки, ключевого вида экосистемы Арктики, находились на уровне, который может приводить к неблагоприятным последствиям, что в свою очередь может негативно влиять на популяции сайки и всю арктическую экосистему. Обеспокоенности добавляет и воздействие низких доз и комбинированного воздействия БДЭ-209 и других аналогичных ПБДЭ, а также потенциал сочетания нескольких стрессорных эффектов (UNEP/POPS/POPRC.10/10/Add.2, UNEP/POPS/POPRC.7/INF/16). Положительное влияние мер контроля выражается в сокращении выбросов, которое со временем приведет к сокращению воздействия и биоаккумуляции в организме человека и дикой фауны. Поэтому глобальный запрет или ограничение к-декаБДЭ будет способствовать защите и сохранению арктических организмов и экосистем, которые, как считается, подвергаются особому риску воздействия СОЗ (AMAP 2009; UNEP/POPS/POPRC.7/INF/16).

107. В течение короткого периода времени положительный эффект от введения мер глобального контроля, возможно, проявится заметнее всего в улучшении внутренней среды в помещениях и в отношении здравоохранения; уровни содержания к-декаБДЭ в пыли будут сокращаться и, в конечном итоге, снизятся до нуля за счет прекращения использования этого вещества в текстильных изделиях и оборудовании, предназначенных для использования в помещениях. Требование о принятии мер регулирования также со временем приведет к снижению уровней этого вещества в такой сельхозпродукции, как молоко/молочные продукты, различные мясные продукты и рыба. Воздействие БДЭ-209 на людей происходит уже на ранних стадиях развития человека и продолжается всю жизнь. Он присутствует в крови, плазме, грудном молоке человека и передается плоду через плаценту на критически важных этапах развития. Основными источниками воздействия на человека, известными на данный момент, являются пыль и загрязненные пищевые продукты (UNEP/POPS/POPRC.10/10/Add.2). Младенцы и дети ясельного возраста, для которых характерно поведение «из рук в рот», имеют более высокое содержание БДЭ-209 и других ПБДЭ в организме, чем взрослые, и они были определены в качестве уязвимых групп, которые могут подвергаться риску, особенно ввиду нейроэндокринной токсичности и токсичности для нейроразвития, наблюдаемых в ходе исследований на животных (UNEP/POPS/POPRC.10/10/Add.2). Поэтому ликвидация или ограничение использования к-декаБДЭ будут особенно актуальны для решения проблем, связанных с развитием детей.

108. Прекращение или ограничение использования к-декаБДЭ также позволит повысить эффективность защиты здоровья работников, особенно в развивающихся странах, где имеется ограниченный объем средств индивидуальной защиты, и позволит также уменьшить воздействие на человека и окружающую среду вследствие распада токсичных продуктов, включая низкобромированные ПБДЭ, бромированные диоксины и фураны (ПБДД/ПБДФ), пентабромфенол и гексабромбензол. Токсичные продукты разложения, включая ПБДД/ПБДФ, могут образовываться различными путями во время термической обработки (экструзии, формования и рециркуляции), производства пластмасс, фотолиза, приготовления пищи (рыбы) и удаления отходов (Vetter et al., 2012; Kajiwar et al., 2008, 2013a, b; Hamm et al., 2001; Ebert and Bahadir 2003; Weber and Kuch 2003; Thoma and Hutzinger 1987; Christiansson et al., 2009; UNEP/POPS/POPRC.6/INF/6). Что касается профессионального воздействия, в ряде профессий были зарегистрированы повышенные уровни БДЭ-209 (UNEP/POPS/POPRC.10/10/Add.2). Кроме того, обследование 12 работников пожарной охраны в США показало наличие

повышенных концентраций БДЭ-209 в крови (на это вещество приходится более 50% общей концентрации ПБДЭ в сыворотке), а также повышенных концентраций ПБДД/ПБДФ (Shaw et al., 2013). Авторы исследования «предположили, что ПБДД/ПБДФ могут существенно способствовать проявлению диоксиноподобной токсичности в организме отдельных работников пожарной охраны» и что воздействие этих соединений во время пожаротушения имеет значительный характер. Таким образом, это воздействие предположительно может вносить вклад в возникновение неблагоприятных последствий для здоровья, что подтверждается также данными других исследований, в которых установлено, что у пожарных имеется повышенный уровень заболеваемости раком, включая четыре типа рака, потенциально связанные с воздействием ПХДД/ПХДФ, т.е. множественная миелома, неходжкинская лимфома, рак простаты и рак яичек (Hansen et al., 1990; IARC 2010; Le Masters et al., 2006; Kang et al., 2008). С другой стороны, исследования позволяют предположить, что при принятии соответствующих мер, например, при наличии средств индивидуальной защиты и системы вентиляции, воздействие может быть значительно уменьшено. Недавнее исследование показало, что при применении соответствующих мер регулирования риска на объекте по утилизации электроники в Швеции БДЭ-209 не представляет опасности для здоровья работников (Rosenberg et al., 2011; Thuresson et al., 2006). Однако в развивающихся странах и странах с переходной экономикой в связи с отсутствием или неполным выполнением мер по снижению рисков работники, вероятно, более подвержены воздействию БДЭ-209 и других веществ, чем работники в развитых странах. (Tsydenova and Bengtsson, 2011; UNEP/POPS/POPRC.10/10/Add.2; ILO 2012).

109. Максимальные уровни БДЭ-209, как правило, наблюдаются вблизи мест сброса сточных вод и в районах вокруг свалок и заводов по переработке электронных отходов (UNEP/POPS/POPRC.10/10/Add.2). Поэтому экологически обоснованное регулирование отходов имеет большое значение для обеспечения достаточного уровня защиты здоровья человека и окружающей среды. Это особенно важно в развивающихся странах, где обращение с отходами часто производится без использования современных промышленных процессов и где уровень защиты работников часто не является достаточным. С учетом широкого использования к-декаБДЭ в ЭЭО и того, что поток э-отходов является самым быстрорастущим в мире (StEP, 2013), особое опасение вызывают использующееся ЭЭО и ЭЭО, переходящее в категорию отходов. В прошлом году в мире образовалось примерно 50 млн. тонн э-отходов, т.е. приблизительно 7 кг на каждого человека на планете. Кроме того, миллионы тонн старых электронных изделий вывозятся в развивающиеся страны и страны с переходной экономикой, находящиеся в основном в Юго-Восточной Азии и - во все большей степени - в Западной Африке и Восточной Европе. Все чаще местами назначения для перевозки отслуживших свой срок продуктов и изделий становятся также Сенегал, Уганда, Марокко, Колумбия, Перу, Кения, Южная Африка, Камбоджа и Ирак (Ni and Zeng, 2009; Zoeteman et al., 2010; Schluep et al., 2009 в ILO 2012). Обработка в этих странах обычно осуществляется в неофициальном секторе, вызывает значительное экологическое загрязнение и приводит к возникновению рисков для здоровья местного населения. Значительную долю рабочей силы составляют женщины и дети (ILO 2012). В Китае, куда в настоящее время перевозится наибольшее количество всех э-отходов мира, зарегистрированы очень высокие уровни содержания БДЭ-209 в почве на свалках и в местах переработки э-отходов (ILO 2012; Wang et al., 2010, 2011a,b, 2014; Gao et al., 2011, Li et al., 2013). Помимо подвергающихся этому воздействию работников, занимающихся разборкой, повышенный уровень БДЭ-209 в крови также наблюдается у людей, проживающих вблизи производственных и рециркуляционных объектов (см.

UNEP/POPS/POPRC.10/10/Add.2). В Бангладеш и Никарагуа у детей, живущих и работающих на площадках для удаления отходов, в крови зафиксирована смесь БДЭ-209 и других опасных химических веществ (Linderholm et al., 2011; Athanasiadou et al., 2008). Кроме того, предполагается, что открытое сжигание э-отходов содержащих ПБДЭ, приводит к высвобождению тонн ПБДД/ПБДФ и ПХДД/ПХДФ в окружающую среду (Zennegg et al., 2009). В работе Ma et al., (2009) сообщается, что концентрации ТЭ ПБДД/ПБДФ в пробах окружающей среды на местах рециркуляции э-отходов в Китае превышают концентрации ТЭ ПХДД/ПХДФ. Кроме того, содержащие к-декаБДЭ пластмассовые э-отходы также оказываются в составе изделий из переработанной пластмассы, контактирующих с пищевыми продуктами, что способствует воздействию на человека и приводит к возникновению рисков для него (Samsonik and Puure 2013; Puure et al., 2015). Хотя рециркуляция материалов, которые не содержат опасных химических веществ, приносит экологические и экономические выгоды, следует избегать рециркуляции материалов, содержащих СОЗ и другие опасные химические вещества, в целях охраны здоровья человека и окружающей среды. Отказ от рециркуляции содержащих СОЗ материалов также снижает вероятность экспорта загрязненных материалов в развивающиеся страны. Кроме того, отказ от рециркуляции содержащих СОЗ материалов также

важен для поддержания доверия к рециркуляции, стимулирования устойчивого регулирования потоков отходов и расширения инноваций в сфере рециркуляции, а также в других отраслях. С другой стороны, среди негативных аспектов отказа от рециркуляции можно выделить потерю рециркулируемого материала (ресурсов), дополнительные издержки занимающихся рециркуляцией компаний в связи с необходимостью отделения/демонтажа, а также более активное использование первичного сырья (ресурсов) (UNEP/POPS/POPRC.6/2/Rev.1). В отношении вызовов, с которыми сталкиваются развивающиеся страны в связи с э-отходами, МОТ (2012) подчеркивает сложность незаконной транспортировки э-отходов и предлагает несколько возможных решений; среди них - обеспечение эффективного регулирования и правоприменения в сочетании параллельно со стимулированием предприятий по рециркуляции из неформального сектора не участвовать в разрушительных процессах, а также формализация сектора неформальной рециркуляции э-отходов. По мнению некоторых экспертов, надлежащее правоприменение и международное сотрудничество - это ключ к решению проблемы незаконной перевозки (Ni and Zeng, 2009). В имеющейся литературе предлагаются различные подходы к регулированию и рециркуляции э-отходов (например, Bleher et al. 2014, UNEP 2012, UNEP/POPS/POPRC.6/2/Rev.1). Некоторые из предлагаемых подходов соответствуют целям Стокгольмской конвенции и должны подходить развивающимся странам; среди таких подходов можно выделить следующие: 1) запрет на рециркуляцию содержащих СОЗ отходов, 2) рециркуляция не содержащих БАП пластмасс и сжигание загрязненных СОЗ пластмасс в сочетании с рекуперацией энергии, 3) рециркуляция всех пластмасс, включая пластмассы, содержащие БАП в которых ниже установленного законом уровня. Такие подходы различаются по характеру обращения с содержащими АП/к-декаБДЭ фракциями и объему экономических выгод для отрасли (Bleher et al. 2014).

#### 2.4.2 Сельское хозяйство, включая аквакультуру и лесоводство

110. Ликвидация к-декаБДЭ благотворно повлияет на сельское хозяйство, а также здоровье человека и дикой природы в силу прекращения дальнейшего широкого рассеивания СОЗ в почве. Загрязнение сельскохозяйственных почв БДЭ-209 является глобальной проблемой, которая отчасти обусловлена использованием сточных вод в качестве удобрения (UNEP/POPS/POPRC.10/10/Add.2). Как показано в работах Sellström (2005) и de Wit (2005), уровни БДЭ-209 в 100-1000 раз выше на тех участках, которые были удобрены осадком сточных вод, по сравнению с контрольными участками. Когда в почву добавляется ил, содержащий БДЭ-209, это вещество переходит в биоту и в конечном итоге может накапливаться в организмах, составляющих верхнюю часть пищевой цепи (UNEP/POPS/POPRC.10/10/Add.2). Применение сточных вод для орошения сельскохозяйственных земель является способом удаления осадка сточных вод, позволяющим в то же время задействовать необходимые растениям питательные и органические вещества в сельском хозяйстве. Однако, как говорилось выше, такая практика способствует высвобождению БДЭ-209 в окружающую среду. Она может также способствовать возникновению рисков для человека и окружающей среды ввиду появления в осадке сточных вод органических загрязнителей, например, БДЭ-209. Соответственно, любые меры по снижению уровней БДЭ-209 в осадке сточных вод и/или меры повышения эффективности контроля за его использованием в качестве удобрения могут дать положительный эффект за счет постепенного снижения уровней БДЭ-209 в сельскохозяйственной продукции.

#### 2.4.3 Биота (биоразнообразие)

111. Поэтапный отказ от к-декаБДЭ необходим для того, чтобы не допустить увеличения его содержания в дикой природе, которая уже подвержена риску. Зафиксированные неблагоприятные эффекты вызывают обеспокоенность, поскольку к-декаБДЭ может приводить к возникновению последствий на уровне экосистем и целых групп населения и, в конечном итоге, воздействовать на биоразнообразие (см. раздел 2.4.1 выше UNEP/POPS/POPRC.10/10/Add.2). Помимо угроз для арктических экосистем и биоразнообразия, как отдельно, так и в сочетании с другими СОЗ (UNEP/POPS/POPRC.10/10/Add.2, UNEP/POPS/POPRC.7/INF/16), вызывает озабоченность тот факт, что к-декаБДЭ и другие вещества, отдельно или совместно, в экологически значимых концентрациях могут задерживать развитие и метаморфозу лягушек (Shricks et al., 2006; Qin and Xia 2010) и приводить к изменению анатомии и функции голосового аппарата у самцов лягушек (Ganser 2009). В «Красном списке исчезающих видов»<sup>TM</sup> МСОП земноводные, в том числе лягушки, отнесены к наиболее уязвимым из всех исследованных групп позвоночных; около 41% из них находятся под угрозой вымирания. Поэтому в списке содержится настоятельный призыв к немедленному принятию мер по защите оставшихся популяций земноводных во всем мире (IUCN 2014, см. также Stuart et al. 2004). В качестве причин вымирания и крупномасштабного сокращения популяций земноводных видов названы утрата

мест обитания, загрязнение, пожары, изменение климата, болезни и чрезмерное использование соответствующих ресурсов (IUCN, 2014; Hayes et al., 2010). Антропогенные химические вещества могут способствовать уменьшению популяций земноводных, так как они воздействуют на иммунную систему/иммунный ответ, развитие и рост, возможность избежать истребления хищниками, репродуктивный успех и выживаемость (Carey and Bryant 1995, см. также Hayes et al., 2010). Изменения в голосовом аппарате самцов лягушки и задержки метаморфозы/развития, вызванные воздействием к-декаБДЭ могут иметь последствия для жизнеспособности в течение всей жизни (успешное спаривание, избегание хищников и т.д.) и, в конечном итоге, для пополнения популяции (van Allen et al., 2010; Hayes et al., 2010). Таким образом, неблагоприятные эффекты, наблюдаемые у лягушек, позволяют предположить, что к-декаБДЭ может быть одним из загрязнителей, способствующим сокращению глобальной популяции лягушек.

#### 2.4.4 Экономические аспекты и социальные издержки

112. На основе такой информации, как цена, доступность и наличие различных альтернатив, а также сведений о регламентационных мерах и применении в разных странах, следует рассматривать социально-экономические издержки запрета и/или ограничения применения к-декаБДЭ как небольшие и компенсируемые выгодами, обусловленными ликвидацией/регулированием. Важным фактором, как указано в предложении ЕС об ограничении, является то, что хотя в настоящее время к-декаБДЭ дешевле рассмотренных альтернатив, разница в стоимости может постепенно меняться в связи с растущим спросом на альтернативы (ЕСНА, 2014а).

113. Издержки изготовителей, которые до сих пор производят к-декаБДЭ, зависят от того, как именно запрет/ограничение повлияет на производство и рынок химических альтернатив к-декаБДЭ. Они также зависят от технических издержек, связанных с переходом заводов-изготовителей с к-декаБДЭ на другие альтернативы (ЕСНА, 2014а). Тем не менее, известно, что к-декаБДЭ производится только в нескольких странах мира, поэтому ограничение/запрет производства не повлечет прямых затрат (и не вызовет последствий) для большинства стран мира и повлияет только на небольшое число изготовителей, которые до сих пор производят к-декаБДЭ; причем некоторые из них уже производят и продают альтернативы. Кроме того, имеющаяся информация свидетельствует, что альтернативы могут изготавливаться на тех же заводах-изготовителях/производственных линиях, на которых производится к-декаБДЭ. Таким образом, предполагается, что издержки переходного периода для производящей промышленности во всем мире будут невелики.

114. Это ограничение может также повлиять на экономические показатели импортеров/поставщиков к-декаБДЭ, а также промышленных и профессиональных пользователей, находящихся на следующих уровнях производственно-сбытовой цепи. Тем не менее, большинство импортеров/поставщиков также импортируют и продают другие вещества, в том числе альтернативы к-декаБДЭ (ЕСНА, 2014а). Аналогичным образом импортеры изделий, содержащих к-декаБДЭ, могут продолжать импортировать изделия с альтернативными АП. Относительно промышленных и профессиональных пользователей, находящихся на следующих уровнях производственно-сбытовой цепочки, известно, что они обладают неодинаковыми возможностями переключения на альтернативные варианты. Хотя большинство таких промышленных/профессиональных пользователей имеют возможность перехода на альтернативы к-декаБДЭ без крупных дополнительных затрат, комментарии, полученные от представителей авиационной промышленности в ходе публичных консультаций в ЕС, свидетельствуют о том, что немедленная замена к-декаБДЭ в продукции, используемой в авиационном и военном оборудовании, может оказаться непростой задачей (ЕСНА 2014а). По данным представителей аэрокосмической промышленности, это обусловлено главным образом техническими проблемами, затратами средств и времени, связанными с разработкой, определением пригодности и сертификацией альтернативных материалов для летательных аппаратов, с учетом строгих требований безопасности и технических требований, а также сложностей в цепочке поставок (ЕСНА, 2014а). Аналогичные вопросы были подняты некоторыми ассоциациями автопроизводителей, которые просили предоставить исключения для запасных частей старого образца, но не для частей, производимых в настоящее время. Автомобилестроение отличается в связи с тем, что в рамках этой отрасли учитывается только практическая целесообразность заменителя, особенно для запасных частей старого образца, обладающих функциональными свойствами.

115. Включение к-декаБДЭ в Стокгольмскую конвенцию без исключения в отношении рециркуляции будет означать, что фракции, содержащие к-декаБДЭ в количествах, превышающих значение низкого содержания СОЗ, не будут подвергаться рециркуляции. Это

может повлиять на рециркуляцию материалов из продуктов, содержащих к-декаБДЭ. В частности, это может сказаться на рециркуляции отходов электротехнических и электронных пластмасс (ОЭЭП) и пластмасс из отслуживших свой срок транспортных средств (например IVM/IVAM, 2013, см. также раздел 2.2). В настоящее время объем рециркулируемой пластмассы ограничен, а доля пластмасс, содержащих к-декаБДЭ, невелика (Sinha-Khetriwal et al., 2005; Widmer et al., 2005; Hicks et al., 2005; Streicher-Porte et al., 2005; см. также пункты 47 и 48 раздела 2.2). Процесс рециркуляции ОСА и ОЭЭО в настоящее время в основном связан с извлечением металлов, а фракция пластмассы считается менее ценной из-за ее качества (Sinha-Khetriwal et al., 2005; Widmer et al., 2005; Hicks et al., 2005; Streicher-Porte et al., 2005). Поэтому можно говорить о том, что социально-экономическое воздействие принятия соответствующих мер, в результате чего такие пластмассовые изделия после перехода в категорию отходов не будут рециркулироваться, будет незначительным.

116. Рециркуляция пластмассы в целом желательна с точки зрения эффективного использования ресурсов, но она должна осуществляться с учетом понимания того, как важно не допускать рециркуляции пластмассы, содержащей опасные химические вещества. Если в будущем объемы такой рециркуляции материалов возрастут, то потребуются применение методов разделения в целях обеспечения качества рециркулированной пластмассы. В результате общество может понести определенные издержки - в форме инвестиций в оборудование для сортировки пластмассовых отходов и/или в форме роста потребности в ручном труде. Если не будут разработаны эффективные способы определения наличия декаБДЭ в отходах, влияние на рециркуляцию может быть гораздо больше, чем предполагается, так как на практике из рециркуляции может быть исключен любой материал, содержащий бром, что еще больше ограничивает объем материала, доступного для рециркуляции. Технология сортировки ценных фракций пластмасс после обработки в шредерной установке требует довольно больших затрат, как и технология извлечения брома. Если требуется большая пропускная способность, то это может создать барьер для доступа на рынок рециркуляции ОЭЭО новых субъектов.

117. На страновой или региональной основе необходимо провести анализ экономического влияния, которое оказывают рециркуляционные объекты. То, что можно назвать оптимальным решением, сильно зависит от экономического и культурного контекста, в котором функционирует система (Sinha-Khetriwal et al., 2005). Чтобы найти решения, которые позволят улучшить ситуацию с точки зрения экологических последствий, рисков, связанных с условиями труда, и экономической прибыли, следует принять во внимание такие факторы, как стоимость рабочей силы, структура экономики (включая важный неформальный сектор), действующие нормативно-правовые положения, а также возможности и ограничения правоохранительной системы (Sinha-Khetriwal et al., 2005). Такие факторы, как экологические и социально-экономические выгоды, получаемые благодаря повышению качества и расширению применения рециркулированной пластмассы (и меньшему использованию исходной пластмассы), а также более высокая рыночная цена, могут в этом случае оказаться важнее, чем повышение затрат на рециркуляцию.

118. Рыночная цена рециркулированной пластмассы определяется ее качеством и способностью заменить исходную пластмассу, а также ценой на исходную пластмассу. Наличие опасных химических веществ негативно сказывается на рыночной цене рециркулированного материала (NCM, 2015b). В ходе проведенного Агентством по химическим веществам Швеции (КЕМИ) исследовании было установлено, что одно из основных препятствий к расширению использования рециркулированных материалов в новых продуктах состоит в том, что такие материалы могут содержать опасные вещества (KemI, 2012). Этот вывод подтверждается и другими источниками (включая Wäger et al., 2010; Stenvall et al., 2013; NCM, 2015b), где подчеркивается, что опасные вещества являются препятствием для рециркуляции материала из ОЭЭО.

119. Рециркуляция содержащих декаБДЭ материалов и производство из них новых изделий может осложнить выявление содержащих декаБДЭ изделий и их последующую переработку. Кроме того, важно обеспечить контроль над потоками доходов, чтобы избежать попадания декаБДЭ в новые изделия, что может повлечь негативные последствия для человека и рост экономических издержек в связи с нарастанием проблем в области здравоохранения (NCM, 2014b; Bellanger et al., 2015; HaU.S.er et al., 2015; Trasande et al., 2015; Legler et al., 2015; HEAL, 2014; см. также пункт 122). Существуют методы и подходы, позволяющие эффективно разделять отходы, содержащие ПБДЭ, и перерабатывать их отдельно (ECHA Background Document, 2015; Sinha-Khetriwal et al., 2005; Widmer et al., 2005; Hicks et al., 2005; Streicher-Porte

et al., 2005; см. также руководство<sup>3</sup>). Таким образом, предел концентрации для выводимых на рынок смесей и изделий должен устанавливаться с учетом того, что а) большинство пластмассовых изделий могут быть рециркулированы и б) что декаБДЭ не присутствует в высокой концентрации в изделиях, изготовленных из рециркулированного материала (RAC/SEAC, 2015). При внедрении более совершенных технологий необходимые капитальные затраты могут быть весьма значительны, однако последующие эксплуатационные издержки невелики (NCM 2014a, 2015c). Хотя использование методов разделения может подразумевать повышение операционных и эксплуатационных издержек, оно, скорее всего, компенсируется более высоким качеством и эффективностью рециркуляции материалов (NCM 2014a, 2015c). Применение менее технологичных подходов (таких как разделение, сортировка или более простое измельчение ОЭО) может требовать относительно более высоких затрат в зависимости от стоимости рабочей силы, но это также может давать преимущества обществу благодаря обеспечению большей занятости. В настоящее время использование процессов переработки ОЭО со значительной долей низкотехнологических элементов позволяет получить рециркулированную пластмассу значительно более высокого качества по сравнению с высоко механизированными и автоматизированными альтернативами, а также дает более существенные количественные преимущества (NCM, 2015a; NZMOE, 2013). Более высокие издержки компенсируются более эффективной рециркуляцией материала. Кроме того, это дает существенные экологические преимущества (NCM, 2015c).

120. Согласно документу UNEP/POPS/COP.7/INF/22, «регулирование отходов влияет на все части общества и экономики. Оно затрагивает местные, региональные и национальные власти, а также требует наличия правовой системы, финансового механизма и эффективной координации между гражданами и органами власти на всех уровнях. Более того, надлежащее регулирование отходов нецелесообразно без адекватного уровня инвестиций. Чтобы создать согласованную систему регулирования отходов, важно обеспечить соответствие всех действий на разных уровнях единой утвержденной стратегии. Поэтому национальным и региональным органам власти необходимо (или, во всяком случае, полезно) обсудить и утвердить национальную стратегию регулирования отходов. Успешное внедрение любой системы регулирования отходов, особенно в развивающихся странах, может потребовать передачи надлежащих технологий и создания потенциала в соответствии со статьей 12 Конвенции».

121. Помимо издержек для промышленности ограничение размещения к-декаБДЭ на рынке может повлиять на занятость в компаниях, производящих это вещество, а также в компаниях, задействованных в производственно-сбытовой цепочке, включая импортеров/экспортеров самого к-декаБДЭ и изделий, содержащих к-декаБДЭ. Аналогичным образом, это может сказаться на занятости на предприятиях по сбору, сортировке и рециркуляции отходов. Степень воздействия на занятость зависит, например, от того, занимаются ли эти компании также производством или продажей альтернатив, заменяющих к-декаБДЭ. По данным, приведенным в работе ЕСНА (2014), нет оснований предполагать, что трудовые ресурсы, необходимые для производства к-декаБДЭ, отличаются от ресурсов, требуемых для альтернативных изделий и продуктов, при этом негативные последствия для занятости в одной компании (если таковые имеются) должны быть компенсированы главным образом за счет позитивного воздействия в других компаниях. Другими словами, воздействие на занятость носит в основном распределенный характер и как таковое не влечет за собой издержек для общества. Тем не менее, перераспределение персонала всегда подразумевает некоторые издержки регулирования, например, связанные с временной безработицей сотрудников при поиске новых рабочих мест; при этом на практике довольно сложно оценить эти издержки регулирования в численном выражении (ЕСНА, 2014). Аналогичные механизмы будут, вероятно, воздействовать на занятость в отрасли по обращению с отходами и их рециркуляции (см., например ILO, 2012; NCM, 2015b). Снижение прибыли будет в целом приводить к сокращению занятости, в то время как потенциальные новые задачи, такие как сортировка, могут обусловить увеличение востребованности работников. Таким образом, чистое воздействие на занятость в секторе рециркуляции является неопределенным.

122. В отношении дальнейших соображений, касающихся социальных издержек, новый доклад, подготовленный Советом министров северных стран, и недавние научные публикации позволяют предположить, что ВНЭС, такие как к-декаБДЭ, представляют собой большое экономическое бремя для общества (NCM 2014b; Bellanger et al., 2015; HaU.S. et al., 2015; Trasande et al., 2015; Legler et al., 2015). Согласно докладу Совета министров северных стран, негативные последствия для репродуктивного здоровья мужчин, вызванные издержками в

<sup>3</sup> Руководство по кадастру полибромированных дифениловых эфиров (ПБДЭ), указанных в Стокгольмской конвенции о СОЗ.

связи с ВНЭС, в странах ЕС составляют от по меньшей мере от 59 до 1200 млн. евро в год и выражаются в потере трудоспособности и повышении расходов на здравоохранение. Аналогичные выводы изложены в работе HaU.S.er et al. (2015), авторы которой предполагают, что расходы, связанные с репродуктивными расстройствами и заболеваниями у мужчин в ЕС, составляют почти 15 млрд. евро в год (или 15 000 млн.). Работа Bellanger et al. (2015), которая, пожалуй, является наиболее актуальной из перечисленных исследований, свидетельствует о том, что ПБДЭ вместе с другими ВНЭС ощутимо способствуют нейрорепродукционному дефициту и болезням в странах ЕС, а связанные с этим издержки с высокой степенью вероятности превышают 150 млрд. евро в год. Тем не менее, в публикациях Совета министров северных стран, Bellanger et al. (2015) и HaU.S.er et al. (2015) основное внимание уделяется конкретным ВНЭС, расстройствам и заболеваниям, тогда как общая сумма издержек для общества, связанных с ВНЭС, вероятно, гораздо выше, чем указано в этих исследованиях для отдельных ВНЭС. Согласно Trasande et al. (2015), медианный уровень издержек только по тем ВНЭС, которые с наибольшей вероятностью могут быть связаны с расстройствами и заболеваниями, составляет 157 млрд. евро ежегодно, т.е. 1,23% валового внутреннего продукта ЕС. Этот вывод подтверждается предыдущим докладом, подготовленным Альянсом по вопросам здравоохранения и окружающей среды (АЗОС) в ЕС (HEAL, 2014). В докладе, который охватывает издержки, связанные с лечением бесплодия, крипторхизма, гипоспадии, рака молочной железы, рака простаты, СДВГ, аутизма, избыточного веса, ожирения и диабета (в этот перечень не входит рак яичек), утверждается, что в ЕС общая сумма расходов, связанных с воздействием ВНЭС может достигать 13-31 млрд. евро в год (HEAL, 2014).

123. В дополнение к расходам систем здравоохранения и социального обеспечения присутствуют расходы, связанные с регулированием содержащих к-декаБДЭ отходов и рекультивацией загрязненных почв и отложений; по опыту работы с другими СОЗ, такими как ПХД, известно, что эти усилия являются трудоемкими и дорогостоящими.

124. Согласно предложению ЕС об ограничении к-декаБДЭ, ограничение производства и использования этого вещества, предлагаемое в ЕС, считается пропорциональной мерой контроля рисков, вытекающих из его производства и использования. В частности, указано, что затратоэффективность этих мер имеет тот же порядок величин (или ниже), что и ранее предусмотренные РИЧ ограничения в отношении ртути, химического вещества, которое в рамках ранее проведенных ЕС оценок ртути и фенилртути было сочтено веществом, вызывающим такой же уровень обеспокоенности, что и стойкие, способные к биоаккумуляции и токсичные вещества (СБТ), а также были признаны способными к переносу на большие расстояния (ЕСНА, 2014а).

#### 2.4.5 Прогресс в направлении достижения цели устойчивого развития

125. Ликвидация к-декаБДЭ согласуется с планами устойчивого развития, которые направлены на сокращение выбросов токсичных химических веществ и предусматривают взаимосвязь вопросов химической безопасности, устойчивого развития и сокращения масштабов нищеты. Экологически обоснованное регулирование «токсичных химических веществ», в том числе отходов, предусмотрено Повесткой дня на XXI век и Рио-де-Жанейрской декларацией по окружающей среде и развитию (UNCED, 1992а, б). Оно также входит в состав Стратегического подхода к международному регулированию химических веществ (СПМРХВ). Глобальный план действий СПМРХВ содержит конкретные меры поддержки сокращения рисков путем содействия использованию безопасных и эффективных альтернатив химическим веществам, включая нехимические альтернативы стойким, способным к биоаккумуляции и токсичным химическим веществам (UNEP, 2006 год). В Общепрограммную стратегию СПМРХВ СОЗ включены в качестве категории, требующей безотлагательного прекращения производства и использования и их замены более безопасными средствами.

126. В экономике замкнутого цикла схема рециркуляции и маркировки имеет большое значение для повышения качества и количества рециркулируемых материалов (NCM, 2014с). Применение методов и систем, которые позволяют отсортировать компоненты, содержащие опасные химические вещества, и удалять их экологически обоснованным образом, придаст регулированию отходов более устойчивый характер, в частности в плане рекуперации материалов, их рециркуляции и повторного использования (см. раздел 2.2).

127. В развивающихся странах формализация сектора рециркуляции э-отходов, т.е. интеграция неофициального сектора в официальную отрасль регулирования отходов, может стать действенным средством для обеспечения устойчивой занятости и в то же время снизить негативное воздействие мероприятий по рециркуляции на окружающую среду и здоровье человека вследствие высвобождения СОЗ и других опасных химических веществ (ILO, 2012).

## 2.5 Прочие соображения

128. Включение к-декаБДЭ в приложение А без исключений повлекло бы за собой принятие мер контроля, которые специально предназначены для обмена информацией и поэтому должны быть эффективными и уместными даже в странах, которые располагают ограниченной инфраструктурой для регламентации использования химических веществ. Информация об альтернативах имеется в наличии и при необходимости может быть передана заинтересованным сторонам. Что касается экологического мониторинга и биомониторинга, то к-декаБДЭ может быть включен в существующие программы мониторинга других СОЗ. Странам, которые не имеют необходимой инфраструктуры для надлежащего контроля за производством и использованием к-декаБДЭ, могут потребоваться дополнительные ресурсы и инфраструктура. Тем не менее, недавние разработки в сфере аналитической химии позволяют контролировать и измерять содержание БДЭ-209, основного конгенера к-декаБДЭ, параллельно с другими ПБДЭ, например конгенерами тетра-, пента-, гекса- и гептаБДЭ, включенными в Конвенцию, без существенных дополнительных затрат. Такие улучшенные масс-спектрометрические методы дают точную информацию о количествах БДЭ-209 в матрице и поэтому обычно используются для определения уровней его содержания в пробах окружающей среды и биоты. Масс-спектрометрические методы могут также использоваться для определения уровня концентрации БДЭ-209 в продуктах/изделиях, находящихся в использовании или относящихся к категории отходов, но они не являются стандартными методами, используемыми компаниями, которые занимаются переработкой и рециркуляцией отходов, так как такие компании для скрининга и сортировки обычно используют более примитивные методы, в основе которых лежит общее содержание брома (UNEP/POPS/POPRC.6/2/Rev.1). Более совершенные аналитические технологии недоступны в секторе регулирования отходов в промышленных масштабах.

129. Стороны Конвенции, для которых вступили в силу любые поправки, должны выполнять свои обязательства по Конвенции. Для оказания помощи Сторонам в выполнении их обязательств в рамках Стокгольмской конвенции ранее было разработано руководство по инвентаризации включенных в Конвенцию СОЗ, призванное обеспечить пошаговую инструкцию, позволяющую Сторонам создавать кадастры недавно включенных СОЗ и разрабатывать стратегии/планы действий (решение СК-6/12, UNEP 2014a, b). Цель такого кадастра заключается в оказании помощи Сторонам в сборе национальных базовых данных о включенных в Конвенцию СОЗ; эту информацию могут использовать национальные координационные центры в рамках Конвенции, координатор процесса обзора и обновления НПВ и целевые группы, ответственные за создание кадастра. Он будет также полезен другим заинтересованным сторонам, участвующим в ликвидации СОЗ. Кроме того, разработаны также другие виды руководств, например руководящие принципы, разработанные в рамках Базельской конвенции.

130. Определение того, содержат ли изделия/продукты определенные химические вещества и какие вещества они содержат, может оказаться сложной задачей. С учетом наличия этих проблем на Международной конференции по регулированию химических веществ в рамках СПМРХВ были определены глобальные потребности в получении информации о химических веществах, содержащихся в продуктах (ХВвП), в течение всего жизненного цикла продуктов (SAICM/ICCM.2/15). Было положено начало добровольной программе обмена информацией о присутствии химических веществ в продуктах в производственно-сбытовой цепи.

131. Для разработки эффективных стратегий, которые могут привести к ликвидации к-декаБДЭ, Сторонам необходимо составить четкую картину их национальной ситуации в отношении этих химических веществ. Если к-декаБДЭ будет включен в Конвенцию, то Конференция Сторон может обновить Руководство по инвентаризации полибромированных дифениловых эфиров (ПБДЭ), включенных в Стокгольмскую конвенцию о стойких органических загрязнителях, для оказания содействия Сторонам Конвенции в выполнении их обязательств по Конвенции и оказания им содействия в их поэтапном отказе от к-декаБДЭ (UNEP 2014a).

## 3. Обобщение информации

### 3.1 Резюме информации, содержащейся в характеристике рисков

132. На своем десятом совещании в 2014 году Комитет по рассмотрению СОЗ принял характеристику рисков и постановил, что компонент декабромдифенилового эфира (БДЭ-209) к-декаБДЭ в результате его переноса в окружающей среде на большие расстояния может вызывать серьезные неблагоприятные последствия для здоровья человека и окружающей среды, которые служат основанием для принятия мер в глобальном масштабе.

133. БДЭ-209 обладает высокой стойкостью в почве и донных отложениях, однако также известно, что в окружающей среде и биоте он дебромируется в ПБДЭ с меньшей степенью бромирования. Кроме того, в связи с дебромированием организмы подвергаются воздействию сложной смеси ПБДЭ, в том числе БДЭ, уже внесенных в перечень СОЗ.

134. БДЭ-209 представляет собой повсеместно распространенный глобальный загрязнитель, присутствующий в городских, сельских и отдаленных районах по всему миру. В Арктике и других отдаленных районах БДЭ-209 обнаруживается в различных экологических нишах, включая воздух, осадки, снег, лед и биоту. Океанические и атмосферные процессы способствуют переносу БДЭ-209 на большие расстояния в окружающей среде, однако основным механизмом переноса считается связывание с атмосферными частицами.

135. Из-за крайне низкого уровня растворимости в воде основным путем воздействия БДЭ-209 является поступление через пищу в наземных и водных пищевых цепях. Хотя некоторые исследования не демонстрируют биоаккумуляции БДЭ-209, и наблюдается его трофическое разбавление ( $КТУ < 1$ ), сообщалось о его биоаккумуляции у ряда водных и наземных организмов. Ненадежность имеющихся данных о биоаккумуляции БДЭ-209 в значительной степени отражает различия между видами в плане поглощения, обмена и вывода веществ.

136. К-декаБДЭ широко обнаруживается в биоте, и у некоторых видов были продемонстрированы высокие показатели содержания в организме. БДЭ-209 может передаваться от матери к потомству, и воздействие происходит на ранних стадиях развития. Сообщалось о передаче от материнской особи к яйцам и потомству у рыб, земноводных, птиц и оленей. У человека воздействие БДЭ-209 отмечается на ранних стадиях развития: в утробе матери через плаценту и после рождения с молоком матери. Кроме того, в организме младенцев и детей ясельного возраста, как сообщается, присутствуют более высокие концентрации вследствие влияния БДЭ-209 и других ПБДЭ, чем у взрослых ввиду большей подверженности воздействию пыли.

137. Существуют свидетельства того, что БДЭ-209 может приводить к неблагоприятным последствиям в области репродуктивного здоровья и рождения потомства у рыб, дождевых червей, мышей и крыс, а также может влиять на развитие и давать нейротоксические эффекты у земноводных, грызунов и человека. Кроме того, имеются опасения, что БДЭ-209 и другие ПБДЭ при сочетанном воздействии вызывают нейротоксичность в ходе развития у человека и животных в экологически значимых концентрациях. Имеющиеся данные о токсичности позволяют понять, что БДЭ-209 может приводить к эндокринным нарушениям и влиять на гомеостаз тиреоидных гормонов у рыб, земноводных, крыс, мышей и человека, а также, возможно, влиять на гомеостаз стероидных гормонов. Дебромирование в сочетании с объединенным воздействием БДЭ-209 и других аналогично действующих ПБДЭ, а также высокая стойкость БДЭ-209 в отложениях и почве увеличивают вероятность хронического долгосрочного негативного воздействия.

### 3.2 Резюме информации, содержащейся в оценке регулирования рисков

138. В случае глобального сокращения или уничтожения к-декаБДЭ, можно рассчитывать на благоприятное воздействие на глобальное устойчивое развитие. Тем не менее, если производство, использование и регулирование отходов к-декаБДЭ не будут поставлены под контроль, то это, скорее всего, приведет к дальнейшему повышению его концентраций в окружающей среде, в частности, в организмах людей и диких животных, даже в отдаленных местах.

139. К-декаБДЭ - это синтетическое вещество, не встречающееся в природной среде. Сегодня к-декаБДЭ изготавливается лишь в нескольких странах мира. Многие страны уже ограничили использование к-декаБДЭ или начали добровольные программы по прекращению его использования. Это способствовало успешному вводу в строй альтернативных АП, перепроектированию или разработке альтернативных методов выполнения требований по обеспечению огнестойкости продукции. Однако во всех регионах продолжается высвобождение в окружающую среду к-декаБДЭ и его основного компонента БДЭ-209.

140. Хотя высвобождение к-декаБДЭ может происходить во время производства, его главным источником считаются изделия, находящиеся в использовании, и изделия, перешедшие в категорию отходов. Поэтому для уменьшения в будущем воздействия на людей и дикую природу необходим глобальный запрет производства и использования к-декаБДЭ в сочетании с мерами надлежащего регулирования отходов.

141. К-декаБДЭ имеет множество видов применения и используется во множестве различных секторов общества. Он применяется в ЭЭО, таком как компьютеры и телевизоры, проводах и кабелях, а также в клеях, герметиках, покрытиях, красках и трубах. К-декаБДЭ также широко используется в коммерческих текстильных изделиях для общественных зданий, в текстильных изделиях для домашней мебели и в транспортном секторе. Во всем мире приблизительно до 90% к-декаБДЭ применяется для изготовления пластмасс, в первую очередь для электронных изделий, а оставшаяся часть задействована в производстве текстильных изделий с пропиткой, мягкой мебели и матрасов.

142. В автомобильной и авиационной промышленности идет процесс поэтапного отказа от к-декаБДЭ. Тем не менее, некоторые наблюдатели, представляющие промышленность, выразили озабоченность в связи с вопросами обслуживания и запасных частей старого образца для изделий, уже находящихся в пользовании, а также для летательных аппаратов, выпускающихся в рамках существующих сертификатов типа. Представленное ими обоснование касается технических и экономических вопросов и позволяет сделать предположение о возможной необходимости исключений в транспортном секторе. Тем не менее, требования пожарной безопасности и схемы сертификации не обязательно предусматривают необходимость использования к-декаБДЭ или других АП. В случае, если его необходимо заменить другим АП, в наличии имеются химические альтернативы, которыми можно заменить к-декаБДЭ в большинстве видов применения пластмасс и текстильных изделий, которые по-прежнему массово производятся. Однако в связи с требованиями в отношении изменений в некоторых запасных частях старого образца, которые необходимо тестировать нередко в оригинальных транспортных средствах (которые больше не производятся массово и массовое производство которых нередко было прекращено много лет назад), возможностей для такого тестирования не существует. Поэтому вероятно, что производители таких запасных частей старого образца прекратят их производство. В результате запасные части могут стать недоступны или же появятся не прошедшие испытания и, следовательно, опасные запасные части, или возможно несоблюдение национальных обязательств по поставке подобных частей в течение, как минимум, 10 лет после окончания массового производства. Однако во многих случаях огнеупорных свойств можно добиться за счет использования альтернативных методов, таких как применение изначально огнестойких материалов, использование других технических решений, т. е. барьеров или полного изменения структуры продукта. Эти альтернативные методы могут использоваться во множестве материалов и видов применения, и задействованы в текстильной промышленности, производстве электроники, самолетов и других транспортных средств.

143. Срок службы изделий, содержащих к-декаБДЭ, варьируется в зависимости от региона мира, но может быть в среднем оценен в 10 лет, поэтому отслужившие свой срок продукты будут поступать в поток отходов на протяжении многих лет и будут источником будущих выбросов. Согласно Конвенции (статья 6 1) d) ii)), отходы, содержащие к-декаБДЭ, должны удаляться таким образом, чтобы находящиеся в них СОЗ уничтожались или необратимо преобразовывались (таким образом, чтобы они утратили свойства СОЗ), или удалялись иным экологически безопасным образом, тем самым обеспечивая эффективное устранение выбросов и связанного с ними воздействия к-декаБДЭ, находящегося в отходах. Имеются различные методы экологически безопасного обращения с отходами, содержащими СОЗ. Одним из способов их уничтожения, позволяющим обеспечить рекуперацию энергии, является контролируемое сжигание отходов, содержащих к-декаБДЭ, в современных установках при условии непрерывного контроля и строгого соблюдения предусмотренных Конвенцией руководящих принципов НИМ/НПД. Сжигание при высоких температурах, как правило, считается эффективным способом уничтожения СОЗ, таких как к-декаБДЭ, с образованием небольших количеств диоксинов и фуранов. В тех случаях, когда уничтожение или необратимое преобразование не являются экологически предпочтительным вариантом или если содержание СОЗ находится на низком уровне, страны могут разрешить удаление таких отходов другими экологически безопасными способами, например, удаление на специально оборудованные свалки.

144. Для более устойчивого управления отходами могут применяться сортировка и разделение фракций отходов, и методы разделения включают в себя ручную и автоматическую сортировку утильных компонентов, в том числе содержащих опасные химические вещества, такие как бромированные АП. Усовершенствованные методы разделения уже используются в секторе регулирования отходов, но пока не являются широко доступными. Однако в развивающихся странах обращение с отходами производится преимущественно в неофициальном секторе, где не используются современные промышленные процессы, а сортировка проводится вручную без использования надлежащих средств защиты и вентиляции,

что влечет за собой воздействие на человека и окружающую среду. В развивающихся странах интеграция неофициального сектора в официальную отрасль регулирования отходов, может стать действенным средством для повышения устойчивости.

145. Несколько Сторон предположили, что может потребоваться исключение в отношении рециркуляции. Другие эксперты выступили против исключения в отношении рециркуляции из-за опасений по поводу содержащих декаБДЭ использующихся предметов и товаров, а также рециркулированных продуктов, которые экспортируются особенно активно в развивающиеся страны и страны с переходной экономикой в связи с невозможностью выявления и проведения анализа продуктов, содержащих декаБДЭ. Тем не менее, рециркуляция материалов, содержащих к-декаБДЭ, неизбежно приведет к увеличению загрязнения окружающей среды и организма человека и рассеиванию ПБДЭ. Этого следует избегать, так как цель заключается в устранении выбросов и воздействия к-декаБДЭ. Недавно появилась информация о том, что пластиковые гранулы из переработанных материалов, загрязненных к-декаБДЭ, являются предметом экспорта и что этот рециркулированный материал может в конечном итоге оказаться в составе продукции, т.е. представлять опасность для здоровья человека. Недавние исследования позволили обнаружить к-декаБДЭ в материалах, соприкасающихся с продуктами питания, и в детских игрушках из пластмассовых гранул, изготовленных из рециркулированной пластмассы. Кроме того, социально-экономические последствия отказа от рециркуляции материалов, содержащих к-декаБДЭ, превышающих предельное значение СОЗ, которое предстоит определить, может носить ограниченный характер; это серьезное основание для того, чтобы сохранять объемы рециркуляции пластмасс и текстильных изделий, содержащих к-декаБДЭ, на низком уровне. Однако представители автомобилестроения указали на то, что в Европе им нужно соблюдать жесткую квоту в 85% и что без исключения в отношении рециркуляции такие правовые обязательства не могут быть выполнены. Однако на основе информации, полученной и проанализированной в настоящей Оценке регулирования риска, можно сделать вывод, что социально-экономическое воздействие принятия соответствующих мер, в результате чего такие пластмассовые изделия после перехода в категорию отходов не будут рециркулироваться, будет незначительным.

146. Маркирование новых производимых изделий, содержащих декаБДЭ, могло бы быть полезным на этапе, когда такие изделия становятся отходами.

### 3.3 Предлагаемые меры по регулированию рисков

147. Наиболее эффективной мерой контроля в целях уменьшения выбросов к-декаБДЭ могло бы стать внесение компонента к-декаБДЭ декабромдифенилового эфира (БДЭ-209) в приложение А к Конвенции без исключений. В результате включения декабромдифенилэфирного компонента (БДЭ-209) к-декаБДЭ в приложение А на него будет распространяться также действие положений статьи 3 об экспорте и импорте и статьи 6 о выявлении и экологически безопасном удалении запасов и отходов.

148. Согласно данным, представленным в ходе оценки регулирования рисков, и докладом о накопленном опыте, некоторые сектора могут испытывать сложности, в частности такие сложности могут быть связаны с производством запасных частей старого образца для автомобильной и аэрокосмической отрасли. Некоторые Стороны указали на трудности, связанные с рециркуляцией. Другие эксперты выразили опасения по поводу содержащих декаБДЭ использующихся предметов и товаров, а также рециркулированных продуктов, которые экспортируются особенно активно в развивающиеся страны и страны с переходной экономикой, и выступили против исключений в отношении рециркуляции в связи с невозможностью выявления и проведения анализа продуктов, содержащих декаБДЭ. Дополнительные меры по регулированию рисков могли бы включать в себя обязательство по маркированию новых товаров, содержащих декаБДЭ.

## 4. Заключение

149. Приняв решение о том, что декабромдифенилэфирный компонент (БДЭ-209) к-декаБДЭ в результате его переноса в окружающей среде на большие расстояния может вызывать серьезные неблагоприятные последствия для здоровья человека и/или окружающей среды, которые потребуют глобальных действий;

150. Завершив оценку регулирования рисков и рассмотрев варианты регулирования, а также отмечая, что доступны альтернативы декабромдифениловому эфиру, не являющиеся стойкими органическими загрязнителями;

151. Комитет по рассмотрению стойких органических загрязнителей рекомендует Конференции Сторон Стокгольмской конвенции в соответствии с пунктом 9 статьи 8

Конвенции рассмотреть вопрос о включении декабромдифенилэфирного компонента (БДЭ-209) к-декаБДЭ в приложение А и предусмотреть соответствующие меры контроля с учетом конкретного исключения для некоторых критических запасных частей старого образца, перечень которых еще предстоит составить, которые используются в автомобильной и аэрокосмической отраслях. Поскольку данные о малых и средних предприятиях текстильной промышленности в развивающихся странах очень ограничены, невозможно определить, требуются ли им исключения.

## Список литературы

- ACAP, Arctic Contaminants Action Programme (2007). Final Report of Phase I of the ACAP Project on Brominated Flame Retardants (BFRs) Phase I: Inventory of sources and identification of BFR alternatives and management strategies. AMAP Report 2007:6, SFT Report TA-2440/2008.
- AMAP. Arctic Monitoring and Assessment Programme (2009). Arctic Pollution 2009, Oslo. 83 pp.
- ACFSE (2001) The Fire Safety of Upholstered furniture, Alliance for Consumer Fire Safety in Europe, Belgium.
- Albemarle (2013). Product selector guide. [Online] Available at: <http://www.albemarle.com/>. [Accessed 15 November 2013].
- Apple Inc.[Online] Available at: <http://www.apple.com/environment/toxins/>[Accessed 6 July 2015].
- Athanasiadou M, Cuadra SN, Marsh G, Bergman A, Jakobsson K. Polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) and bioaccumulative hydroxylated PBDE metabolites in young humans from Managua, Nicaragua. *Environ Health Perspect.* 2008 Mar;116(3):400-8.
- The Basel Action Network (BAN), The Silicon Valley Toxics Coalition (SVTC), Toxics Link India, SCOPE (Pakistan), Greenpeace China. Exporting harm: the high-tech trashing of Asia. Seattle, WA, and San Jose, CA;February 25th, 2002.
- Basel Convention (2015a). Draft Technical guidelines for the environmentally sound management of wastes consisting of, containing or contaminated with hexabromodiphenyl ether and heptabromodiphenyl ether, and tetrabromodiphenyl ether and pentabromodiphenyl ether.
- Basel Convention (2015b). Draft updated general technical guidelines for the environmentally sound management of wastes consisting of, containing or contaminated with persistent organic pollutants (Draft of 1 December 2014). [Online] Available at: <http://www.basel.int/Implementation/POPsWastes/TechnicalGuidelines/tabid/2381/Default.aspx> [Accessed 6 July 2015].
- Basel Convention (1995). Basel Convention Technical Guidelines on Specially Engineered Landfill (D5).
- Bellanger M, Demeneix B, Grandjean P, Zoeller RT, Trasande L. Neurobehavioral Deficits, Diseases and Associated Costs of Exposure to Endocrine Disrupting Chemicals in the European Union. *J Clin Endocrinol Metab.* 2015 Mar 5;jc20144323. [Epub ahead of print] PubMed PMID: 25742515.
- Bi XH, Thomas GO, Jones KC, Qu WY, Sheng GY, Martin FL, (2007). Exposure of electronics dismantling workers to polybrominated diphenyl ethers, polychlorinated biphenyls, and organochlorine pesticides in South China. *Environ Sci Technol* 41(16):5647-5653.
- BIR, Bureau of International Recycling. [Online] Available online at: [http://www.bir.org/indU.S.ry/textiles/?locale=en\\_U.S.](http://www.bir.org/indU.S.ry/textiles/?locale=en_U.S.) [Accessed 11 March2015].
- Bleher, D (2014). Global circular economy of strategig metals –best-of-two-worlds approach (Bo2W). Recycling options for WEEE plastic components. p-1-15.
- Blomqvist P, Andersson P and Simonson M (2007a). Fire emissions of organics into the atmosphere. *Fire Technology* 43, 213-231.
- Blomqvist P, Andersson P and Simonson M (SP) and van den Berg M and Canton RF (IRAS) (2007b). Review of fire emissions from products with and without BFRs and the hazard of exposure for fire fighters and clean-up crews. Report from SP (SP Technical Research Institute of Sweden) and IRAS (Institute for Risk Assessment Sciences): 74, pp1-39.
- Breivik K, Armitage JM, Wania F, Jones KC (2014). Tracking the global generation and exports of e-waste. Do existing estimates add up? *Environ Sci Technol.* 48(15):8735-43.
- Breivik K, Sweetman A, Pacyna J, Jones K (2002). Towards a global historical emission inventory for selected PCB congeners – a mass balance approach: 1. Global production and consumption. *Sci Total Environ* 290:181-198
- BSEF, Bromine Science and Environmental Forum (2015a).[Online] Available at: <http://www.bsef.com/regulation/asia-pacific/china> [Accessed 5 March2015].
- BSEF, Bromine Science and Environmental Forum (2015b).[Online] Available at: <http://www.bsef.com/regulation/asia-pacific/india>. [Accessed 5 March 2015]

- BSEF, Bromine Science and Environmental Forum (2012). Brominated flame retardant: decabromodiphenyl ether fact sheet. October 2012. [Online] Available at: [http://www.bsef.com/uploads/Deca\\_factsheet\\_25-10-2012.pdf](http://www.bsef.com/uploads/Deca_factsheet_25-10-2012.pdf) [Accessed 6 July 2015].
- BSEF, Bromine Science and Environmental Forum. (2007). About Bromine. [Online] Available at: <http://www.bsef.com/>. [Accessed October 2007].
- Buekens A and Yang J (2014). Recycling of WEEE plastics: a review. *J. Mater. Cycles Waste Manage.* 16, 415–434.
- BU.S.er AM, Morf LS, Taverna R, Bader HP, Scheidegger R (2007a). Temporal behaviour of the anthropogenic metabolism of selected brominated flame retardants: Emissions to the environment. BFR 2007, 4th International Workshop on Brominated Flame Retardants, Amsterdam, The Netherlands, 24-27 April, 2007.
- Carey C, Bryant CJ. Possible interrelations among environmental toxicants, amphibian development, and decline of amphibian populations. *Environ Health Perspect.* 1995 May;103 Suppl 4:13-7.
- CBUF, Sundström, B. (ed.) (1995): Fire Safety of Upholstered Furniture – The final report on the CBUF research programme. Appendix A7 Furniture Calorimeter test protocol Report EUR 16477 EN Directorate-General Science (Measurements and Testing). European Commission. Published by Interscience Communication Ltd, London.
- Chemical Watch (2015). China to place restrictions on hazardous U.S. substances in cars six substances to be prohibited. <https://chemicalwatch.com/24517/china-to-place-restrictions-on-hazardous-U.S.-substances-in-cars>
- Chen S, Ma YJ, Wang J, Chen D, Luo XJ, Mai BX (2009). Brominated flame retardants in children's toys: Concentration, composition, and children's exposure and risk assessment. *Environ Sci Technol*; 43:4200–4206.
- Chen D, Mai B, Song J, Sun Q, Luo Y, Luo X, (2007a). Polybrominated Diphenyl Ethers in Birds of Prey from Northern China. *Environ Sci Technol* 41(6):1828-1833.
- Christiansson A, Eriksson J, Teclechiel D, Bergman A. (2009). Identification and quantification of products formed via photolysis of decabromodiphenyl ether. *Environ Sci Pollut Res Int* 16(3):312-21.
- CPA, Clean Production Action (2007). The Green Screen for Safer Chemicals version 1.0: Evaluating Flame Retardants for TV Enclosures. [Online] Available at: [http://www.chemicalspolicy.org/downloads/Green\\_Screen\\_Report.pdf](http://www.chemicalspolicy.org/downloads/Green_Screen_Report.pdf). [Accessed 6 July 2015].
- CPA, Clean Product Action (2015). <http://www.cleanproduction.org/news/article/greenscreen-science-at-its-best>
- Danish EPA, Danish Environmental Protection Agency (2007). Mapping of decabromodiphenyl ether (decaBDE) in other products than electrical and electronic products.
- DiGangi J, Blum A, Bergman A, de Wit CA, Lucas D, Mortimer D, Schecter A, Scheringer M, Shaw SD, Webster TF, (2010). San Antonio statement on brominated and chlorinated flame retardants. *Environ Health Perspect* 118:516 – 518.
- DME, Danish Ministry of the Environment (2007). Health and Environmental Assessment of Alternatives to Deca-BDE in Electrical and Electronic Equipment.
- DME, Danish Ministry of the Environment (2006). Deca-BDE and Alternatives in Electrical and Electronic Equipment, Environmental project No. 1141/2006, pp. 1-93. Authors: Lassen C. et al.
- DBIS, 2014, Department for Business Innovation & Skills, London UK. Furniture and Furnishings (Fire) (Safety) Regulation 1988; Consultation on proposed amendments to Schedule 5 –the Match Test-Part 1 and Schedule 4 -the Cigarette Test, August 2014.
- De Wit C, Ulla Sellström U, Nadja Lundgren N, Mats Tysklind M (2005). Higher brominated diphenyl ethers in earthworms and reference and sewage-sludge amended soils. *Organohalogen Compounds - Volume 67*.
- Dong Y, Fu S, Zhang Y, Nie H, Li Z (2014) Polybrominated diphenyl ethers in atmosphere from three different typical industrial areas in Beijing, China. *Chemosphere* S0045-6535(14)01363-0. doi: 10.1016/j.chemosphere.2014.11.043

DuPont. (2010). Inherent versus U.S. Treated Flame Resistant Fabrics. [Online] Available at: [http://www2.dupont.com/Personal\\_Protection/en\\_U.S./products/Nomex/nomexind/nomex\\_indU.S.trial\\_fa.html#5QD](http://www2.dupont.com/Personal_Protection/en_U.S./products/Nomex/nomexind/nomex_indU.S.trial_fa.html#5QD). [Accessed 6 July, 2015].

ECA, Environment Canada (2011) Environmental Monitoring and Surveillance in Support of the Chemicals Management Plan. PBDEs in the Canadian Environment. Environment Canada Fact sheet. p. 1-10.

ECA, Environment Canada (2010) Proposed risk management strategy for polybrominated diphenyl ethers (PBDEs).

ECA, Environment Canada (2008). The Polybrominated Diphenyl Ethers Regulations (SOR/2008-218) under the Canadian Environmental Protection Act, 1999.

ECB, European Chemicals Bureau (2007). Review on production processes of decabromodiphenyl ether (decaBDE) used in polymeric application in electrical and electronic equipment, and assessment of the availability of potential alternatives to decaBDE. Institute on Health and Consumer Protection.

ECB, European Chemicals Bureau (2002). European Union Risk Assessment Report: Bis(pentabromophenyl) ether. 1st priority list, Volume 17, Luxembourg: European Communities.

ECHA, European Chemicals Agency (2015). Annex XV restriction report proposal for a restriction. Substance name: Bis(pentabromophenyl) ether, IUPAC name: 1,1'-oxybis(pentabromobenzene), EC number: 214-604-9, CAS number: 1163-19-5. European Chemicals Agency, Helsinki, Finland prepared in collaboration with the Norwegian Environment Agency. Version number: 1,0.

ECHA, European Chemical Agency (2014b). Decision on substance evaluation pursuant to Article 46 (1) of regulation (EC) NO 1907/2006 for 1,1'-(ethane-1,2-diyl)bis[pentabromobenzene], CAS No 84852-53-9 (EC No284-366-9)

ECHA, European Chemicals Agency (2013b). ECHA dissemination portal. [Online] Available at: <http://echa.europa.eu/web/guest/information-on-chemicals/registered-substances> [Accessed 12 November 2013].

ECHA European Chemicals Agency (2012a). Support Document Bis(pentabromophenyl) ether [decabromodiphenyl ether] (Member State Committee, 29 November 2012).

ECHA, European Chemicals Agency (2012b). Agreement of the member state committee On the identification of bis(pentabromophenyl) ether [decabromodiphenyl ether], (Member State Committee, 29 November 2012).

ECHA, European Chemicals Agency (2012c). Annex XV dossier. Proposal for Identification of a PBT/vPvB Substance. Bis(pentabromophenyl) ether (decabromodiphenyl ether; decaBDE). July 2012 final. Submitted by the United Kingdom, August 2012. [Online] Available at: [http://echa.europa.eu/documents/10162/13638/SVHC\\_AXVREP\\_pub\\_EC\\_214\\_604\\_9\\_decabromodiphenylether\\_en.pdf](http://echa.europa.eu/documents/10162/13638/SVHC_AXVREP_pub_EC_214_604_9_decabromodiphenylether_en.pdf) [Accessed 6 July 2015].

Ebert J, Bahadir M (2003). Formation of PBDD/F from flame-retarded plastic materials under thermal stress. *Environ Int.* 2003;29(6):711-6.

EFSA, European Food Safety Authority Panel (2011). European Food Safety Authority Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). Scientific Opinion on Polybrominated Diphenyl Ethers (PBDEs) in Food. *EFSA Journal*, 9 (5), 2156. doi.10.2903/j.efsa.2011.2156. [Online] Available at: <http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/doc/2156.pdf> [Accessed 6 July 2015].

Ebert J, Bahadir M (2003) Formation of PBDD/F from flame-retarded plastic materials under thermal stress, *Environ Int* 29: 711-716.

EBFRIP, European Brominated Flame Retardant Industry Panel. (2005): Recycling of bromine from plastics containing brominated flame retardants in state-of-the-art combustion facilities.

ENFIRO (2013). Final Report Summary - ENFIRO (Life Cycle Assessment of Environment-compatible Flame Retardants ( Prototypical case study)). [Online] Available at: [http://cordis.europa.eu/publication/rcn/15697\\_en.html](http://cordis.europa.eu/publication/rcn/15697_en.html) [Accessed 6 July 2015].

Earnshaw MR, Jones KC, Sweetman AJ (2013). Estimating European historical production, consumption and atmospheric emissions of decabromodiphenyl ether. *Sci tot Environ* 447: 133-142.

- EUROSTAT (2015) information accessed October 2015 at <http://ec.europa.eu/eurostat/web/waste/key-waste-streams/elvs>
- FAA (2010), Fire Safety Highlights - <http://www.fire.tc.faa.gov/pdf/2010highlights.pdf>
- Gao S, Hong J, Yu Z, Wang J, Yang G, Sheng G, Fu J (2011). Polybrominated diphenyl ethers in surface soils from e-waste recycling areas and industrial areas in South China: concentration levels, congener profile, and inventory. *Environ Toxicol Chem.* 30(12):2688-96.
- Ganser, LR (2009), Anatomy and Function of the African Clawed Frog Vocal System is Altered by the Brominated Flame Retardant, PBDE-209. University of Miami 2009. Open Access Dissertations. Paper 245. [Online] Available at: [http://scholarlyrepository.miami.edu/oa\\_dissertations](http://scholarlyrepository.miami.edu/oa_dissertations) [Accessed 6 July 2015].
- Gnosys, University of Bolton & Oakdene Hollins 2010. Fire Retardant Technologies: safe products with optimised environmental hazard and risk performance, s.l.: s.n.
- Great Lakes (2013). Emerald Innovation™ 1000. [Online] Available at: [http://www.greatlakes.com/Flame\\_Retardants/Products/Emerald\\_Innovation\\_1000](http://www.greatlakes.com/Flame_Retardants/Products/Emerald_Innovation_1000). [Accessed 19 November 2013].
- GuillaumeE, Chivas C and Sainrat A (2008). Regulatory issues and flame retardant usage in upholstered furniture in Europe. [Online] Available at: <http://www.see.ed.ac.uk/FIRESEAT/2008.html>
- Hamm S, Strickeling M, Ranken PF, Rothenbacher KP (2001). Determination of polybrominated diphenyl ethers and PBDD/Fs during the recycling of high impact polystyrene containing decabromodiphenyl ether and antimony oxide. *Chemosphere* 44(6):1353-60.
- Hansen, ES (1990). A cohort study on the mortality of firefighters. *Br.J.Ind.Med.* 47, 805–809.
- Hayes TB, Falso P, Gallipeau S, Stice M (2010). The cause of global amphibian declines: a developmental endocrinologist's perspective. *J Exp Biol.* 15;213(6):921-33.
- Hauser R, Skakkebaek NE, Hass U, Toppari J, Juul A, Andersson AM, Kortenkamp A, Heindel JJ, Trasande L (2015). Male Reproductive Disorders, Diseases, and Costs of Exposure to Endocrine-Disrupting Chemicals in the European Union. *J Clin Endocrinol Metab.* 5:jc20144325. [Epub ahead of print]
- HEAL, Health and Environment Alliance (2014) Health costs in the European Union – How much is related to EDCs? [Online] Available at: [http://www.env-health.org/IMG/pdf/18062014\\_final\\_health\\_costs\\_in\\_the\\_european\\_union\\_how\\_much\\_is\\_related\\_to\\_edcs.pdf](http://www.env-health.org/IMG/pdf/18062014_final_health_costs_in_the_european_union_how_much_is_related_to_edcs.pdf) [Accessed 6 July 2015].
- IARC, International Agency for Research on Cancer (2010). Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Volume 98. Painting, firefighting, and shiftwork. [Online] Available at: <http://www.monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol98/mono98-7.pdf> [Accessed 6 July 2015].
- IKEA 2014. Sustainability report FY14. [Online] Available at: [http://www.ikea.com/ms/no\\_NO/pdf/sustainability\\_report/sustainability\\_report\\_2014.pdf](http://www.ikea.com/ms/no_NO/pdf/sustainability_report/sustainability_report_2014.pdf)
- Illinois, Illinois Environmental Protection Agency (EPA) (2007). Report on Alternatives to the Flame Retardant DecaBDE: Evaluation of Toxicity, Availability, Affordability, and Fire Safety Issues. A report to the Governor and the General Assembly.
- Illinois, Illinois Environmental Protection Agency (EPA) (2006). A Report to the General Assembly and the Governor in Response to Public Act 94-100 DecaBDE Study: A Review of Available Scientific Research.
- ILO, International Labour Office (2012). The global impact of e-waste: Addressing the challenge. Author Karin Lundgren. Program on Safety and Health at Work and the Environment (SafeWork), Sectorial activities Department (SECTOR), Geneva, pp 1-71.
- IUCN, International Union for Conservation of Nature (2015). [Online] Available at: <http://www.iucn.org/about/>. [Accessed 02 February 2015].
- IVM (2013) POP Stream, POP-BDE waste streams in the Netherlands: analysis and inventory (R13-16). Institute for Environmental Studies, The Netherlands.
- Jayakody C, Myers D, Sorathia U, Nelson GL. 2000. Fire-retardant characteristics of waterblown molded flexible polyurethane foam materials. *J Fire Sci* 18:430-455.

- Jinhui L, Yuan C, Wenjing X. Polybrominated diphenyl ethers in articles: a review of its applications and legislation. *Environ Sci Pollut Res Int*. 2015 May 20. [Epub ahead of print] PubMed PMID: 25987476.
- Kajiwar, N., J. Desborough, S. Harrad, and H. Takigami. (2013). Photolysis of brominated flame retardants in textiles exposed to natural sunlight ENVIRONMENTAL SCIENCE-PROCESSES & IMPACT 15:653-660.
- Kajiwar N, Takigami H (2013b). Emission behavior of hexabromocyclododecanes and polybrominated diphenyl ethers from flame-retardant-treated textiles. *Environ Sci Process Impacts*.15(10):1957-63.
- Kajiwar, N., Y. Noma, and H. Takigami. (2008). Photolysis studies of technical decabromodiphenyl ether (DecaBDE) and ethane (DeBDethane) in plastics under natural sunlight. *Environmental Science & Technology* 42:4404-4409.
- Kang, D., Davis, L.K., Hunt, P., Kriebel, D., 2008. Cancer incidence among male Massachusetts firefighters, 1987–2003. *Am. Ind. Hyg. Assoc.* 51, 329–335.
- Kelly BC, Ikonomou MG, Blair JD, Morin AE, Gobas FA (2007). Food web-specific biomagnification of persistent organic pollutants. *Science* 2007;13;317(5835):236-9. Erratum in: *Science*. 2007;318(5847):44.
- KemI, Swedish Chemical Agency (2014). Chemicals in textiles – Risks to human health and the environment. Report from a government assignment. Report 6/14, pp 1-140. [Online] Available at: <http://www.kemi.se/Documents/Publikationer/Trycksaker/Rapporter/Report6-14-Chemicals-in-textiles.pdf> Accessed 6 July 2015].
- KemI, Swedish Chemical Agency (2012). Material Recycling without Hazardous Substances – Experiences and future outlook of ten manufacturers of consumer products. Report PM 14/12, pp 1-88. [Online] Available at: <https://www.kemi.se/Documents/Publikationer/Trycksaker/PM/PM14-12-Recycled-materials.pdf> [Accessed 6 July 2015].
- KemI, Swedish Chemical Agency (2006). Survey and technical assessment of alternatives to TBBPA and HBCDD. Report 1/06. Author: Posner, pp 1-43. [Online] Available at: [https://www.kemi.se/Documents/Publikationer/Trycksaker/PM/PM1\\_06.pdf](https://www.kemi.se/Documents/Publikationer/Trycksaker/PM/PM1_06.pdf) [Accessed 6 July 2015].
- KemI, Swedish Chemical Agency (2005). Survey and technical assessment of alternatives to Decabromodiphenyl ether (decaBDE) in plastics. Authors: Posner S, Börås. Report No 1/05, pp 1-34. [Online] Available at: [https://www.kemi.se/Documents/Publikationer/Trycksaker/Rapporter/Rapport1\\_05.pdf](https://www.kemi.se/Documents/Publikationer/Trycksaker/Rapporter/Rapport1_05.pdf) [Accessed 6 July 2015].
- Kim M, Guerra P, Theocharides M, Barclay K, Smyth SA, Alae M (2013a). Polybrominated diphenyl ethers in sewage sludge and treated biosolids: effect factors and mass balance. *Water Res*. Nov 1;47(17):6496-505.
- Kim, M., et al. (2013b). "Parameters affecting the occurrence and removal of polybrominated diphenyl ethers in twenty Canadian wastewater treatment plants." *Water Res* 47(7): 2213-2221.
- Klif, Climate and Pollution Agency (2011). Exploration of management options for HBCDD. Report to the 8<sup>th</sup> meeting of the UNECE Task Force on Persistent Organic Pollutants, Montreal 18-20 May 2010 (updated 18 Aug 2010). Report TA-2818/2011. Authors: Posner S, Roos S, Olsson E., Swerea IVF AB pp 1-84. [Online] Available at: <http://www.miljodirektoratet.no/old/klif/publikasjoner/2818/ta2818.pdf> [Accessed 6 July 2015].
- Klif, Climate and Pollution Agency Norway (2008). Current State of Knowledge and Monitoring requirements for emerging "new" brominated flame retardants in flame retarded products and the Environment. Report TA-2462/2008. [Online] Available at: <http://www.miljodirektoratet.no/old/klif/publikasjoner/2462/ta2462.pdf> [Accessed 6 July 2015].
- LCSP, Lowell Center for Sustainable Production (2015). U.S. State-level Chemicals Policy Database. [Online] Available at: <http://www.chemicalspolicy.org/chemicalspolicy.U.S..state.database.php> [Accessed 16 March 2015].
- LCSP, Lowell Center for Sustainable Production (2009). A new way of thinking: The Lowell Center Framework for Sustainable Products. University of Massachusetts Lowell.

- LCSP, Lowell Center for Sustainable Production (2005). Decabromodiphenylether: An investigation of non-halogen substitutes in electronic enclosure and textile applications. University of Massachusetts Lowell.
- Legler J, Fletcher T, Govarts E, Porta M, Blumberg B, Heindel JJ, Trasande L. Obesity, Diabetes, and Associated Costs of Exposure to Endocrine-Disrupting Chemicals in the European Union. *J Clin Endocrinol Metab*. 2015 Mar 5;jc20144326. [Epub ahead of print]
- LeMasters GK, Genaidy AM, Succop P, Deddens J, Sobeih T, Barriera-Viruet H, Dunning K, Lockey J (2006). Cancer risk among firefighters: a review and meta-analysis of 32 studies. *J Occup Environ Med*. 2006;48(11):1189-202.
- Levchik, S. (2010). Uses of Decabromodiphenyl Oxide (DecaBDE) Flammability Standards Design for the Environment Kick Off Meeting, Crystal City, VA.
- Li Y, Duan YP, Huang F, Yang J, Xiang N, Meng XZ, Chen L (2013). Polybrominated diphenyl ethers in e-waste: Level and transfer in a typical e-waste recycling site in Shanghai, Eastern China. *Waste Manag*. S0956-053X(13)00409-1.
- Leisewitz and Schwarz, 2001.
- Lin, Y.-M., et al. (2012). "Emissions of Polybrominated Diphenyl Ethers during the Thermal Treatment for Electric Arc Furnace Fly Ash." *Aerosol and Air Quality Research* 12: 237-250.
- Linderholm L, Jakobsson K, Lundh T, Zamir R, Shueb M, Nahar N, Bergman Å. Environmental exposure to POPs and heavy metals in urban children from Dhaka, Bangladesh (2009). *J Environ Monit*. 2011;13(10):2728-34.
- Ma J, Addink R, Yun SH, Cheng J, Wang W, Kannan K. Polybrominated dibenzo-p-dioxins/dibenzofurans and polybrominated diphenyl ethers in soil, vegetation, workshop-floor dust, and electronic shredder residue from an electronic waste recycling facility and in soils from a chemical industrial complex in eastern China. *Environ. Sci. Technol.*, 43 (2009), pp. 7350–7356.
- Maine, Maine Department of Environmental Protection (2010). Decabromodiphenyl Ether Flame Retardant in Plastic Pallets: A Safer Alternatives Assessment. By Pure Strategies Inc.
- Maine (2008). Second Regular Session - 124th Maine Legislature. An Act To Clarify Maine's Phaseout of Polybrominated Diphenyl Ethers. [Online] Available at: [http://www.mainelegislature.org/legis/bills/bills\\_124th/billtexts/HP110501.asp](http://www.mainelegislature.org/legis/bills/bills_124th/billtexts/HP110501.asp) [Accessed 16 March 2015].
- Maine, Maine Department of Environmental Protection and Maine Center for Disease Control and Prevention (2007a), Brominated Flame Retardants: Third Annual Report to the Maine Legislature (p.25-26, 35), January 2007.
- Maine, Maine Department of Environmental Protection and Maine Center for Disease Control and Prevention (2007b), Brominated Flame Retardants: Third Annual Report to the Maine Legislature (p.26, 35), January 2007 2007b.
- Molyneux, Stec AA, Hull R (2014). The effect of gas phase flame retardants on fire effluent toxicity, *Polymer Degradation and Stability* 106:36-46
- Morf LS, Buser AM, Taverna R, Bader H-P, Scheidegger R (2008). Dynamic substance flow analysis as a valuable risk evaluation tool a case study for brominated flame retardants as an example of potential endocrine disrupters. *CHIMIA Int J Chem* 62:424–31.
- Morf, LS, Buser AM, Taverna R, Bader HP, Scheidegger R. (2007). Efficient measures in waste management as a key factor to reduce emissions of BFRs: Case study results for DecaBDE in Switzerland and global implications. *Organohalogen Compounds*, 69, 916-919.
- Morf L, Smutny R, Taverna R, Daxbeck H. Selected polybrominated flame retardants, PBDEs and TBBPA—substance flow analysis. Berne: Swiss Agency for the Environment, Forests and Landscape; 2003.
- NCM, Nordic Council of Ministers (2015a). WEEE Plastics Recycling. A guide to enhancing the recovery of plastics from waste electrical and electronic equipment. Authors: John B et al. [Online] Available at: <http://dx.doi.org/10.6027/ANP2015-713> [Accessed 6 July 2015].
- NCM, Nordic Council of Ministers. (2015b). Economic Policy Instruments for Plastic Waste – A review with Nordic perspectives. Report TemaNord 2014:569. Authors: Hennlock M et al. [Online]

Available at: <http://norden.diva-portal.org/smash/get/diva2:791794/FULLTEXT02.pdf> [Accessed 6 July 2015].

NCM, Nordic Council of Ministers (2015a). Plastic value chains: Case: WEEE (Waste Electric and electronic equipment) Part 2 report Baxter et al., Report TemaNord 2015:510 . [Online] Available at: [http://www.norden-ilibrary.org/environment/plastic-value-chains-case-weee-waste-electrical-and-electronic-equipment\\_tn2015-510](http://www.norden-ilibrary.org/environment/plastic-value-chains-case-weee-waste-electrical-and-electronic-equipment_tn2015-510)

NCM, Nordic Council of Ministers (2014a). Plastic value chains. Case: WEEE (Waste Electric and electronic equipment) in the Nordic region. Baxter et al., Report TemaNord 2014:542 [Online] Available at: <http://norden.diva-portal.org/smash/get/diva2:721021/FULLTEXT01.pdf> [Accessed 6 July 2015].

NCM, Nordic Council of Ministers (2014b). The Cost of Inaction - A Socioeconomic analysis of costs linked to effects of endocrine disrupting substances on male reproductive health. Authors: Olsson I.M. et al. Report TemaNord 2014:557 [Online] Available at: <http://norden.diva-portal.org/smash/get/diva2:763442/FULLTEXT04.pdf> [Accessed 6 July 2015].

NCM, Nordic Council of Ministers (2014c). Addressing resource efficiency through the Ecodesign Directive. A review of opportunities and barriers. Authors: Dalhammar C. et al. Report TemaNord 2014:511, [Online] Available at: <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:710881/FULLTEXT01.pdf> [Accessed 6 July 2015].

NCM, Nordic Council of Ministers (2005). Measurements During Incineration of Waste Containing Bromine. Report TemaNord 2005:529 Authors: Borgnes D. et al. [Online] Available at: <http://norden.diva-portal.org/smash/get/diva2:702261/FULLTEXT01.pdf> [Accessed 6 July 2015].

NEA, Norwegian Environment Agency (2012). Some environmentally harmful substances in sewage sludge – occurrence and environmental risk. Report TA-3005/2012, pp 1-37. [Online] Available at: <http://www.miljodirektoratet.no/old/klif/publikasjoner/3005/ta3005.pdf> [Accessed 6 July 2015].

NERI Technical Report No. 481 2003. Polybrominated Diphenyl Ethers (PBDEs) in Sewage Sludge and Wastewater Method Development and Validation. National Environmental Research Institute Ministry of the Environment. Denmark. pp.1-34.

New York State Department of Health (2013) Report of the New York State Task Force on Flame Retardant Safety [Online] Available at: <http://www.health.ny.gov/environmental/investigations/flame/docs/report.pdf> [Accessed 6 July 2015].

NFPA, National Fire Protection Association (2013). Home structure fires. [Online] Available at: <http://www.nfpa.org/~media/Files/Research/NFPA%20reports/Occupancies/oshomes.pdf> [Accessed 6 July 2015].

NFPA, The Norwegian Fire Protection Association (2014). [Online] Available at: <http://www.brannvernforeningen.no/Brannstatistikk/Boligbranner-antatt-arrested> [Accessed 6 July 2015].

Ni, H.-G.; Zeng, E.Y. 2009. “Law enforcement and global collaboration are the keys to containing e-waste tsunami in China”, in *Environmental Science & Technology*, Vol. 43, No. 11, pp. 3991–3994.

NIFV, Netherlands institute for safety (2009). Consumer fire safety: European statistics and potential fire safety measures. Authors: M. Kobes (BBE, MIFireE), K. Groenewegen, (Ter Morsche), M.G. Duyvis, J.G. Post. Report commissioned by Consumer Council, AU.S. trian Standards Institute, pp 1-57. [Online] Available at: <http://www.verbraucherrat.at/content/01-news/05-archiv-2009-2010/01-studie-brandschutz/firesafetyconsumer.pdf> [Accessed 6 July 2015].

NTP (National Toxicology Program). 1990. Final Report on the Reproductive Toxicity of Boric Acid (CAS NO. 10043-35-3) in CD-1 Swiss Mice. National Toxicology Program. NTP Report no.90-150

NZMOE (2013). Brominated flame retardant research. Cost-benefit analysis of sorting options for e-waste plastics. Draft report to New Zealand Ministry for the Environment. October 2013. s.1-15.

Odabasi M, Bayram A, Elbir T, Seyfioglu R, Dumanoglu Y, Bozlaker A, Demircioglu H, Altioek H, Yatkin S, Cetin B (2009). Electric arc furnaces for steel-making: hot spots for persistent organic pollutants. *Environ Sci Technol*. 43(14):5205-11.

OECD, Organisation for Economic Co-operation and Development (2014): Risk management of installations and chemicals. Brominated Flame Retardants. [Online] Available at: <http://www.oecd.org/env/ehs/risk-management/brominatedflameretardants.htm> [Accessed; 27 February 2014].

OECD, Organisation for Economic Co-operation and Development (1998). Waste Management Policy Group 1998. Report on incineration of products containing brominated flame retardants. pp. 1-11.

OSPAR, The Convention for the Protection of the marine Environment of the North-East Atlantic (2009). OSPAR Background Document on certain brominated flame retardants — Polybrominated Diphenylethers, Polybrominated Biphenyls, Hexabromo Cyclododecane, Update 2009. Hazardous Substances Series. OSPAR Commission.

Oregon (2011). Decabrominated diphenyl ether and other flame retardants banned in Oregon products. Interpretive and Policy Guidance from the Oregon Health Authority. [Online] Available at: [http://3vlyi21yjf3t3ecx1148lncoeyk.wpengine.netdna-cdn.com/wp-content/uploads/2011/02/PBDEGuidance.Final\\_.pdf](http://3vlyi21yjf3t3ecx1148lncoeyk.wpengine.netdna-cdn.com/wp-content/uploads/2011/02/PBDEGuidance.Final_.pdf) [Accessed 6 July 2015].

Palm A, CoU.S. ins IT, Mackay D, Tysklind M, Metcalfe C, Alae M (2002). Assessing the environmental fate of chemicals of emerging concern: a case study of the polybrominated diphenyl ethers. *Environ Pollut* 117:195–213.

PR Newswire, 2010. ICL-IP Launches Polyquel™ Eco-Friendly Polymeric Flame Retardants. [Online] Available at: <http://www.prnewswire.com/news-releases/icl-ip-launches-polyqueltm-eco-friendly-polymeric-flame-retardants-93928309.html> [Accessed 6 July 2015].

Puype F, Samsonek J, Knoop J, Egelkraut-Holt U.S. M, Ortlieb M (2015). Evidence of waste electrical and electronic equipment (WEEE) relevant substances in polymeric food-contact articles sold on the European market. *Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess*. 2015 Jan 19. [Epub ahead of print].

Qin, X., X. Xia, (2010). Thyroid disruption by technical decabromodiphenyl ether (DE-83R) at low concentrations in *Xenopus laevis*. *J Environ Sci* 22(5): 744-751.

Qu WY, Bi XH, Sheng GY, Lu SY, Fu H, Yuan J, (2007). Exposure to polybrominated diphenyl ethers among workers at an electronic waste dismantling region in Guangdong, China. *Environ Int* 33(8):1029-1034.

RAC/SEAC (2015). Background document to the Opinion on the Annex XV dossier proposing restrictions on Bis(pentabromophenyl) ether, IUPAC name: 1,1'-oxybis(pentabromobenzene), EC number: 214-604-9, CAS number: 1163-19-5 ECHA/RAC/RES-O-0000006155-77-01/D, ECHA/SEAC/RES-O-0000006155-77-03/F. European Chemicals Agency.

Ren Z, Xiao X, Chen D, Bi X, Huang B, Liu M, Hu J, Peng P, Sheng G, Fu J. (2014). Halogenated organic pollutants in particulate matters emitted during recycling of waste printed circuit boards in a typical e-waste workshop of Southern China. *Chemosphere*. 2014;94:143-150.

Ren, G., Z. Wang, Z. Yu, Y. Wang, S. Ma, M. Wu, G. Sheng, and J. Fu. (2013). Primary investigation on contamination pattern of legacy and emerging halogenated organic pollutants in freshwater fish from Liaoh River, Northeast China. *Environmental Pollution* 172:94-99.

Ren M, Peng P, Cai Y, Chen D, Zhou L, Chen P, Hu J. PBDD/F impurities in some commercial decabromodiphenyl ether (deBDE). *Environ Pollut*. 2011;159(5):1375-80.

Ricklund N, Kierkegaard A, McLachlan MS, Wahlberg C (2008a). Mass balance of decabromodiphenyl ethane and decabromodiphenyl ether in a WWTP. *Chemosphere* 74: 389–394.

Ricklund, N., A. Kierkegaard, (2008b). "An international survey of decabromodiphenyl ethane (deBDEthane) and decabromodiphenyl ether (decaBDE) in sewage sludge samples." *Chemosphere* 73(11): 1799-1804.

Rosenberg C, Hämeilä M, Tornae U.S. J, Säkkinen K, Puttonen K, Korpi A, Kiilunen M, Linnainmaa M, Hesso A. Exposure to flame retardants in electronics recycling sites. *Ann Occup Hyg*. 2011;55(6):658-65. doi: 10.1093/annhyg/mer033.

RPA, Risk and Policy Analysts P (2014). Multiple Framework Contract with Re-opening of competition for Scientific Services for ECHA. Reference: ECHA/2011/01 Service Request SR 14: Support to an Annex XV Dossier on Bis-(pentabromophenyl) ether (DecaBDE). Authors: Georgalas B, Sanchez A, Zarogiannis. [Online] Available at: [http://echa.europa.eu/documents/10162/13641/annex\\_xvi\\_consultant\\_report\\_decabde\\_en.pdf](http://echa.europa.eu/documents/10162/13641/annex_xvi_consultant_report_decabde_en.pdf) [Accessed 6 July 2015].

RTKnet.org. [Online] Available at: [http://www.rtknet.org/db/tri/tri.php?database=tri&reptype=f&reporting\\_year=2013&first\\_year\\_range=&last\\_year\\_range=&facility\\_name=&parent=&combined\\_name=&parent\\_duns=&facility\\_id=&city=](http://www.rtknet.org/db/tri/tri.php?database=tri&reptype=f&reporting_year=2013&first_year_range=&last_year_range=&facility_name=&parent=&combined_name=&parent_duns=&facility_id=&city=)

&county=&state=&zip=&district=&naics=&primall=&chemcat=&corechem=y&casno=001163195&casno2=&chemname=&detail=-1&datatype=T&rsei=y&sortp=D [Accessed 6 July 2015].

Sakai SI, Hirai Y, Aizawa H, Ota S, Muroishi Y (2006). Emission inventory of deca-brominated diphenyl ether (DBDE) in Japan. *J. Mater. Cycles Waste Manage.* 8:56–62.

Samsonek J, Puype F (2013). Occurrence of brominated flame retardants in black thermo cups and selected kitchen utensils purchased on the European market. *Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess* 30:1976-86. doi: 10.1080/19440049.2013.829246.

Schriks M, Zvinavashe E, Furlow JD, Murk AJ (2006). Disruption of thyroid hormone-mediated Xenopus laevis tadpole tail tip regression by hexabromocyclododecane (HBCD) and 2,2',3,3',4,4',5,5',6 nona brominated diphenyl ether (BDE206). *Chemosphere* 65(10):1904-8.

Sellstrom U, C. De Wit, N. Lundgren, and M. Tysklind (2005). Effect of Sewage-Sludge Application on Concentrations of Higher-Brominated Diphenyl Ethers in Soils and Earthworms. *Environ. Sci. Technol.*, 39: 9064-9070.

SFT, Norwegian Pollution Control Authority (2009).

Polybrominated diphenyl ethers and perfluorinated compounds in the Norwegian environment. Report TA-2450. [Authors: Skoog K, Hauglid-Formo G, Økland T. Edited by: Bergfald & Co AS. [Online] Available at: <http://www.miljodirektoratet.no/old/klif/publikasjoner/2450/ta2450.pdf> [Accessed 6 July 2015]

Shaw SD, Berger ML, Harris JH, Yun SH, Wu Q, Liao C, Blum A, Stefani A, Kannan K. Persistent organic pollutants including polychlorinated and polybrominated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans in firefighters from Northern California. *Chemosphere*. 2013 Jun;91(10):1386-94. doi: 10.1016/j.chemosphere.2012.12.070. Epub 2013 Feb 8. Erratum in: *Chemosphere*. 2014;102:87.

Shaw SD, Blum A, Weber R, Kannan K, Rich D, Lucas D, Koshland CP, Dobraca D, Hanson S, Birnbaum LS (2010). Halogenated flame retardants: do the fire safety benefits justify the risks? *Rev Environ Health*. 25: 261-305.

Simonson, Margaret et al (2000): TV case study, a life cycle analysis. SPSwedish National Testing and Research Institute Fire Technology SP Report 2000:13, 2000

Sinha-Khetriwal, D., Kraeuchi, P., and Schwaninger, M. (2005). A comparison of electronic waste recycling in Switzerland and in India. *Environ. Impact Assess. Rev.* 25: 492–504

Sjödin A, Hagmar L, Klasson-Wehler E, Kronholm-Diab K, Jakobsson E and Bergman A (1999). Flame retardant exposure: polybrominated diphenyl ethers in blood from Swedish workers. *Environmental Health Perspectives*, 107,8, 643-648.

Stapleton HS, Sharma S, Getzinger G, Ferguson PL, Gabriel M, Webster TF and Blum A (2012). Novel and high volume use of flame retardants in U.S. couches reflective of the 2005 PentaBDE phase out. *Environmental Science & Technology*, 46, 13432-13439.

Stec AA, Hull R (2011.) Assessment of the fire toxicity of building insulation materials, *Energy and Buildings* 43:498-506.

Stenvall, E., Tostar, S., Boldizar, A., R. St. J. Foreman, M., Moller, K. (2013). "An analysis of the composition and metal contamination of plastics from waste electrical and electronic equipment (WEEE)", *Waste Management*, vol33, pp 915–922.

StEP - Solving the E-waste problem (2013). Annual report 2012/2013. [Online] Available at: [http://www.step-initiative.org/files/step/StEP\\_AR/StEP\\_AR.html](http://www.step-initiative.org/files/step/StEP_AR/StEP_AR.html) [Accessed online: 6 July 2015].

Stockholm Convention (2012a) Guidance on best available techniques and best environmental practices for the recycling and disposal of articles containing polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) listed under the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants; Draft July 2012.

Stockholm Convention (2012b). Guidance for the inventory of polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) listed under the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants.

Streicher-Portea, M., Widmerb, R., Jainc, A., Baderd, H-P., Scheideggere, R., and Kytziaf, S. (2005). Key drivers of the e-waste recycling system: Assessing and modelling e-waste processing in the informal sector in Delhi. *Environ. Impact Assess. Rev.* 25: 472-491

SAICM, Strategic Approach to International Chemicals Management (2009). Background information in relation to the emerging policy issue of electronic waste, paper presented at the International Conference on Chemicals Management, Geneva, 11–15 May (SAICM/ICCM.2/INF36).

Stuart SN, Chanson JS, Cox NA, Young BE, Rodrigues AS, Fischman DL, Waller RW (2004). Status and trends of amphibian declines and extinctions worldwide. *Science*. 3;306(5702):1783-6.

Tang, Z., et al. (2014). "Polybrominated Diphenyl Ethers in Soils, Sediments, and Human Hair in a Plastic Waste Recycling Area: A Neglected Heavily Polluted Area." *Environmental Science & Technology* 48(3): 1508-1516.

TB117-2013. Technical Bulletin 117-2013. Requirements, Test Procedure and Apparatus for Testing the Smolder Resistance of Materials Used in Upholstered Furniture. State of California Department of Consumer Affairs.

Thoma H, Hutzinger O, 1987. Pyrolysis and GC/MS-analysis of brominated flame 602 retardants in on line operation. *Chemosphere* 16, 1353–1360.

Thuresson K, Bergman K, Rothenbacher K, Herrmann T, Sjölin S, Hagmar L, Päpke O, Jakobsson K. Polybrominated diphenyl ether exposure to electronics recycling workers--a follow up study. *Chemosphere*. 2006 Sep;64(11):1855-61.

Tomy GT, Pleskach K, Oswald T, Halldorson T, Helm PA, MacInnis G, et al (2008). Enantioselective bioaccumulation of hexabromocyclododecane and congener specific accumulation of brominated diphenyl ethers in an eastern Canadian Arctic marine food web. *Environ Sci Technol* 42:3634–9.

Trasande L, Zoeller RT, Hass U, Kortenkamp A, Grandjean P, Myers JP, DiGangi J, Bellanger M, HaU.S.er R, Legler J, Skakkebaek NE, Heindel JJ. Estimating Burden and Disease Costs of Exposure to Endocrine-Disrupting Chemicals in the European Union. *J Clin Endocrinol Metab*. 2015 Mar 5;jc20144324. [Epub ahead of print]

Tsydenova O, Bengtsson M (2011). Chemical hazards associated with treatment of waste electrical and electronic equipment. *Waste Management* 31:45-58.

Tue NM, Sudaryanto A, Binh Minh T, Isobe T, Takahashi S, Hung Viet P, Tanabe S (2010). Accumulation of polychlorinated biphenyls and brominated flame retardants in breast milk from women living in Vietnamese e-waste recycling sites. *Science of the Total Environment* 408 (2010) 2155-2162.

UK EA, United Kingdom Environment Agency (2009). Environmental risk evaluation report. Decabromodiphenyl ether (CAS no. 1163-19-5). Authors Brooke, D.N., Burns, J., Crookes, M.J. and Dungey, S.M Report to the. 290 pp.

UK EA, United Kingdom Environment Agency (2007). Environmental Risk Evaluation Report: 1,1'- (Ethane-1,2-diyl) bis[pentabromobenzene] (CAS No. 64852-53-9). Environment Agency, Bristol, UK. Science Report no.: ScH00507BM0R-E-P. Authors: Dungey S. et al. [Online] Available at: [https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/290840/scho0507bmor-e-e.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/290840/scho0507bmor-e-e.pdf) [Accessed 6 July 2015].

UNCED 1992a, United Nations Conference on Environment and Development Rio de Janeiro, Brazil, 3 to 14 June 1992. AGENDA 21. [Online] Available at: <https://sustainabledevelopment.un.org/index.php?page=view&nr=23&type=400> [Accessed 6 July 2015].

UNCED 1992b, United Nations Conference on Environment and Development Rio de Janeiro, Brazil, 3 to 14 June 1992. Rio Declaration on Environment and Development. [Online] Available at: <http://www.unep.org/Documents/Multilingual/Default.asp?documentid=78&articleid=1163> [Accessed 6 July 2015].

UNEP, United Nations Environment Programme (2014a). Draft revised guidance for the inventory of polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) listed under the Stockholm Convention on POPs (31 March 2014). [Online] Available at: <http://chm.pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-NIP-GUID-InventoryPBDE.En.docx> [Accessed 6 July 2015].

UNEP, United Nations Environment Programme (2014b). Draft revised guidance for the inventory of perfluorooctane sulfonic acid (PFOS) and related chemicals listed under the Stockholm Convention (31 March 2014). [Online] Available at: <http://chm.pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-NIP-GUID-InventoryPFOS.En.docx> [Accessed 6 July 2015].

UNEP, United Nations Environment Programme (2012). Guidance on best available techniques and best environmental practices for the recycling and disposal of articles containing polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) listed under the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants. [http://www.unido.org/fileadmin/UNEP\\_media/Services/Environmental\\_Management/Stockholm\\_Convention/Guidance\\_Docs/UNEP-POPS-GUID-NIP-2012-BATBEPBDEs.En.pdf](http://www.unido.org/fileadmin/UNEP_media/Services/Environmental_Management/Stockholm_Convention/Guidance_Docs/UNEP-POPS-GUID-NIP-2012-BATBEPBDEs.En.pdf)

UNEP, United Nations Environment Programme (2006). Strategic Approach to International Chemicals Management SAICM texts and resolutions of the International Conference on Chemicals Management. Comprising the Dubai Declaration on International Chemicals Management, the Overarching Policy Strategy and the Global Plan of Action ISBN: 978-92-807-2751-7.

Recycling: From e-waste to resources, Sustainable Innovation and Technology Transfer Industrial Sector Studies. Solving the E-Waste Problem (StEP) Initiative Final report, July 2009. 1-120 pp. Authors Schlupe, M. et al. 2009. [Online] Available: [http://www.unep.org/pdf/Recycling\\_From\\_e-waste\\_to\\_resources.pdf](http://www.unep.org/pdf/Recycling_From_e-waste_to_resources.pdf) [Accessed 6 July 2015].

U.S. EPA, U.S. Environmental Protection Agency (2015). Toxics Release Inventory (TRI) Program. [Online] Available at: <http://www.epa.gov/tri/> [Accessed 10 March 2015].

U.S. EPA, U.S. Environmental Protection Agency (2014a). An alternatives assessment for the flame retardant decabromodiphenyl ether (decaBDE). <http://www.epa.gov/oppt/existingchemicals/pubs/actionplans/aa-for-deca-full-version.pdf> [Accessed 6 July 2015].

U.S. EPA, U.S. Environmental Protection Agency (2014b). What is the Furniture Flame Retardancy Partnership? [Online] Available at: [http://www2.epa.gov/sites/production/files/2013-12/documents/ffr\\_foam\\_alternatives\\_fact\\_sheet.pdf](http://www2.epa.gov/sites/production/files/2013-12/documents/ffr_foam_alternatives_fact_sheet.pdf) [Accessed 6 July 2015].

U.S. EPA, U.S. Environmental Protection Agency (2014c). Common Wastes & Materials – Plastics. [Online] Available at: <http://www.epa.gov/osw/conservation/materials/plastics.htm> [Accessed 6 July 2015].

U.S. EPA, U.S. Environmental Protection Agency (2010). An Exposure Assessment of Polybrominated Diphenyl Ethers. National Center for Environmental Assessment, U.S. Environmental Protection Agency, Washington DC; EPA/600/R-08/086F. Available from the National Technical Information Service, Springfield, VA. [Online] Available at: <http://www.epa.gov/ncea> [Accessed 6 July 2015].

U.S. EPA, U.S. Environmental Protection Agency (2008). Toxicological Review Of Decabromodiphenyl Ether (BDE-209) (CAS No. 1163-19-5). In Support of Summary Information on the Integrated Risk Information System (IRIS). Report EPA/600/R-08/086F, pp. 1-126. Authors: Donohue JM et al. [Online] Available at: <http://www.epa.gov/iris/toxreviews/0035tr.pdf> [Accessed 6 July 2015].

U.S. EPA, U.S. Environmental Protection Agency (2007). Dermal Exposure Assessment: A Summary of EPA Approaches. [Online] Available at: <http://cfpub.epa.gov/ncea/cfm/recordisplay.cfm?deid=183584>. [Accessed 18 November 2013].

Van Allen BG, Briggs VS, McCoy MW, Vonesh JR. Carry-over effects of the larval environment on post-metamorphic performance in two hybrid frogs. *Oecologia*. 2010;164(4):891-8.

VECAP, The Voluntary Emissions Control Action Programme (2014). Sound results from a proactive industrial. European annual progress report 2013.

VECAP, The Voluntary Emissions Control Action Programme (2012). Maintaining Momentum - European Annual Progress Report 2012, Brussels: VECAP.

VECAP, The Voluntary Emissions Control Action Programme (2010a). The Voluntary Emissions Control Action Programme. Annual progress report 2010a.

VECAP, The Voluntary Emissions Control Action Programme (2010b). Benchmarking for success. North American annual progress report 2010.

Vermont (2013). No. 85. An act relating to the regulation of octaBDE, pentaBDE, decaBDE, and the flame retardant known as Tris in consumer products. [Online] Available at: <http://legislature.vermont.gov/assets/Documents/2014/Docs/ACTS/ACT085/ACT085%20As%20Enacted.pdf> [Accessed 6 July 2015].

- Vetter W, Bendig P, Blumenstein M, Hägele F (2012). Cooking processes with food; The heating of the flame retardant BDE-209 in fish generated toxic polybrominated dibenzofurans. *Organohalogen Compounds* 74, 620-623 (2012).
- Wang S, Zhang S, Huang H, Niu Z, Han W (2014). Characterization of polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) and hydroxylated and methoxylated PBDEs in soils and plants from an e-waste area, China. *Environmental Pollution*, 184, pp.405–413.
- Wang Y, Luo C, Li J, Yin H, Li X, Zhang G (2011a). Characterization of PBDEs in soils and vegetations near an e-waste recycling site in South China. *Environ Pollut.* 159(10):2443-8.
- Wang, J., et al. (2011b). Polybrominated diphenyl ethers in water, sediment, soil, and biological samples from different industrial areas in Zhejiang, China. *J Hazard Mater* 197: 211-219.
- Wang, J., et al. (2011d). Polybrominated diphenyl ethers in water, sediment, soil, and biological samples from different industrial areas in Zhejiang, China. *J Hazard Mater* 197: 211-219.
- Wang Bin, Fukuya Iino, Gang Yu, Jun Huang, and Masatoshi Morita (2010b). The Pollution Status of Emerging Persistent Organic Pollutants in China. *Environmental Engineering Science* Volume 27, Number 3.
- Wang, L.-C., et al. (2010d). Characterizing the Emissions of Polybrominated Diphenyl Ethers (PBDEs) and Polybrominated Dibenzo-p-dioxins and Dibenzofurans (PBDD/Fs) from Metallurgical Processes. *Environmental Science & Technology* 44(4): 1240-1246.
- Washington State Department of Health (2008). Alternatives to Deca-BDE in Televisions and Residential Upholstered Furniture. Department of Ecology. Olympia, WA.
- Washington (2006). Washington State Polybrominated Diphenyl Ether (PBDE) Chemical Action Plan: Final Plan, Washington Department of Ecology and Washington Department of Health: 328.
- Weber R and Kuch B (2003) Relevance of BFRs and thermal conditions on the formation pathways of brominated and brominated-chlorinated dibenzodioxins and dibenzofurans. *Environment International*, 29:699-710.
- Wäger, P., Schluep, M., Müller, E. (2010), RoHS substances in mixed plastics from Waste Electrical and Electronic Equipment, Final Report, Empa, Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology. pp. 1-99 [Online] Available at: [http://new.weee-forum.org/system/files/documents/rohs20in20mixed20plastics\\_empa\\_final\\_2010200920171.pdf](http://new.weee-forum.org/system/files/documents/rohs20in20mixed20plastics_empa_final_2010200920171.pdf) [Accessed 6 July 2015].
- Weil, E. D. and S. V. Levchik (2009). Flame Retardants for Plastics and Textiles: Practical Applications, Hanser.
- Weir RJ Jr, Fisher RS (1972). Toxicologic studies on borax and boric acid. *ToxicolAppl Pharmacol.* 23(3):351-64.
- WHO, World Health Organization(2014). Fact sheet on reduced ignition propensity (RIP) cigarettes. [Online] Available at: [http://www.who.int/tobacco/independent/product\\_regulation/factsheetreducedignitionpropensitycigarettes/en/](http://www.who.int/tobacco/independent/product_regulation/factsheetreducedignitionpropensitycigarettes/en/) [Accessed 6 July 2015].
- WHO/UNEP, World Health Organization and the United Nations Environment Programme (2013). State of the Science of Endocrine Disrupting Chemicals-2012. An assessment of the state of the science of endocrine disruptors prepared by a group of experts for the United Nations Environment Programme and World Health Organization. p1- 296. Eds: Bergman Å, Heindel JJ, Jobling S, Kidd KA and Zoeller T. IOMC (Inter-organizational program for the sound management of chemicals). [Online] Available at: <http://www.who.int/ceh/publications/endocrine/en/> [Accessed 6 July 2015].
- Widmera, R., Oswald-Krapf, H., Sinha-Khetriwalb, D., Schnellmann, M., Boenigk, H. (2005). Global perspectives on e-waste. *Environ. Impact Assess. Rev.* 25: 436–458
- Xu X, Liu J, Zeng X, Lu F, Chen A, Xia H (2014) Elevated serum polybrominated diphenyl ethers and alteration of thyroid hormones in children from Guiyu, China, *PLoS ONE* 9 (11):1-18.
- Yang Q, Qiu X, Li R, Liu S, Li K, Wang F (2013). Exposure to typical persistent organic pollutants from an electronic waste recycling site in Northern China. *Chemosphere* 91:205–211.

- Yu X, Zennegg M, Engwall M, Rotander A, Larsson M, Ming Hung W, Weber R (2008) E-waste recycling heavily contaminates a Chinese city with chlorinated, brominated and mixed halogenated dioxins. *Organohalogen Compounds* 70:813-816.
- Yuan C. (2015). Management of PBDEs Flame Retarded Plastics from WEEE in China. Basel Convention Regional Centre for Asia and the Pacific. Stockholm Convention Regional Centre for Capacity-building and the Transfer of Technology in Asia and the Pacific, China. Presentation. [Online] Available at: [www.synergies.pops.int](http://www.synergies.pops.int) [Accessed 6 July 2015].
- Zennegg M, Xiezhi Y, Wong MH, Weber RR (2009). Fingerprints of chlorinated, brominated and mixed halogenated dioxins at two e-waste recycling sites in Guiyu China. *Organohalogen Compd.*, 71 (2009), pp. 2263–2267
- Zhang, Y., et al. (2013d). Polybrominated diphenyl ethers in soil from three typical industrial areas in Beijing, China. *J Environ Sci (China)* 25(12): 2443-2450.
- Zhang S, Xu X, Wu Y, Ge J, Li W, Huo X (2014). Polybrominated diphenyl ethers in residential and agricultural soils from an electronic waste polluted region in South China: distribution, compositional profile, and sources. *Chemosphere*, 102:55-60.
- Zoeteman, B.C.J; Krikke, H.R.; Venselaar, J. 2010. Handling WEEE waste flows: On the effectiveness of producer responsibility in a globalizing world, in *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 47, pp. 415–436.
- 
-