



**Программа Организации
Объединенных Наций
по окружающей среде**



Distr.: General
4 December 2007

Russian
Original: English

Стокгольмская конвенция о стойких органических загрязнителях
Комитет по рассмотрению стойких органических загрязнителей
Третье совещание
Женева, 19–23 ноября 2007 года

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

Добавление

**Оценка регулирования рисков по коммерческому
пентабромдифениловому эфиру**

На своем третьем совещании Комитет по рассмотрению стойких органических загрязнителей принял оценку регулирования рисков по коммерческому пентабромдифениловому эфиру на основе проекта, содержащегося в документе UNEP/POPS/POPRC.3/9. Текст оценки регулирования рисков с внесенными поправками излагается ниже. Он не был официально отредактирован.

КОММЕРЧЕСКИЙ ПЕНТАБРОМДИФЕНИЛОВЫЙ ЭФИР

ОЦЕНКА РЕГУЛИРОВАНИЯ РИСКОВ

Принята Комитетом по рассмотрению стойких органических загрязнителей на
его третьем совещании

Ноябрь 2007 года

СОДЕРЖАНИЕ

1.	Введение	5
1.1	Идентификационные данные предлагаемого химического вещества.....	5
	История вопроса	5
	Идентификационные данные предлагаемого химического вещества.....	5
1.2	Выводы Комитета по рассмотрению в отношении информации в рамках приложения E	5
1.3	Любые национальные или региональные меры регулирования	6
2.	Производство, использование и выбросы.....	6
2.1	Уровни и тенденции производства и использования, которые потребуют регулирования.....	6
	Спрос и производство в целом	6
2.2	Использование К-пентаБДЭ	7
2.3	Будущий глобальный спрос на огнезащитные составы	8
2.4	Выбросы в процессе производства К-пентаБДЭ и продукции, в которой К-пентаБДЭ используется в качестве добавки.....	8
2.5	Выбросы в результате использования продуктов, содержащих К-пентаБДЭ.....	8
	Оборудование, находящееся внутри помещений	8
	Оборудование, установленное вне помещений	9
2.6	Выбросы из отходов, содержащих К-пентаБДЭ	9
	Отходы, образующиеся в результате производства К-пентаБДЭ	9
	Отходы, образующиеся в процессе изготовления продукции, содержащей К-пентаБДЭ	9
	Когда содержащая К-пентаБДЭ продукция становится отходами.....	10
	Выбросы из мусорных свалок и установок для сжигания	10
2.7	Выбросы в результате деятельности по регенерации и демонтажу.....	10
	Установки для регенерации отходов электрических и электронных (ЭЭ) приборов.....	10
	Демонтаж транспортных средств	11
	Демонтаж зданий и других строительных конструкций	11
3.	Сводная информация, относящаяся к оценке регулирования рисков	11
3.1	Возможные меры регулирования	11
	Действенность и эффективность возможных мер регулирования	12
	Обращение с отходами	12
3.2	Информация об альтернативах (продукты и процессы).....	13
	Альтернативы К-пентаБДЭ в ППУ	13
	Нехимические альтернативы К-пентаБДЭ в ППУ	14
	Альтернативы К-пентаБДЭ в ээ-приборах	14
	Альтернативы К-пентаБДЭ в текстильной промышленности.....	14
3.3	Последствия осуществления возможных мер регулирования для общества	14
	Выгоды прекращения производства и использования К-пентаБДЭ	14
	Затраты на прекращение производства и использования К-пентаБДЭ	15
	Сопоставление затрат и выгод.....	16
4.	Обобщение информации	16
4.1	Резюме проведенной оценки.....	16
4.2	Элементы стратегии регулирования рисков.....	17
	Заключительное заявление.....	18
	Библиография.....	20

Резюме

Коммерческий пентабромдифениловый эфир (К-пентаБДЭ) является смесью бромированных огнезащитных составов (БОС), главным образом изомеров пентабромдифенилового эфира (пентаБДЭ) и тетрабромдифенилового эфира (тетраБДЭ). Бромированные огнезащитные составы являются группой бромированных органических веществ, которые сдерживают или подавляют горение в органических материалах. К-пентаБДЭ используется или использовался почти исключительно в производстве эластичного пенополиуретана (ППУ) для мебели и обивочного материала в домах и транспортных средствах, упаковочного материала, а также непенистого полиуретана для облицовки корпусов и в электронном оборудовании (ЭО). Они также до некоторой степени используются в специальных целях в текстильных изделиях и в промышленности. Химические и физические свойства тетраБДЭ и пентаБДЭ таковы, что они широко рассеиваются в окружающей среде и в теле человека и существуют доказательства их токсичности. По этим причинам компоненты К-пентаБДЭ вызывают обеспокоенность во многих регионах мира.

Для некоторых групп продукции существуют национальные и международные нормы пожарной безопасности. Они применяются, например, к электрическому оборудованию, промышленным упаковкам, тканевой обивке мебели, занавескам, электронным бытовым устройствам и электрическим кабелям. В этих нормах определяются требуемые огнезащитные свойства, но не указано, какие огнезащитные составы следует использовать. До настоящего времени бромированные огнезащитные составы рассматривались в качестве наиболее эффективных. В настоящее время становится обычной практикой заменять эти вещества либо не содержащими бром огнезащитными составами, либо дизайн изделия изменяется таким образом, что не существует необходимости по-прежнему использовать огнезащитные составы.

В окружающей среде обнаружены высокие уровни компонентов К-пентаБДЭ. Они являются высокотоксичными, и доказано, что они обладают стойкостью и способностью к биоаккумуляции. Таким образом, они представляют потенциальный риск для будущих поколений. Концентрации в живой природе и в теле человека также значительно увеличились ("Анализ рисков и политики" (АРП, 2000 год). В результате этих выводов в некоторых регионах мира произошло добровольное и регулируемое прекращение производства и использования К-пентаБДЭ. Поскольку это является глобальной, трансграничной проблемой, то следует рассмотреть вопрос о глобальных действиях по прекращению производства и использования К-пентаБДЭ.

Несколько стран сообщили, что у них возникнут проблемы с регулированием коммерческой смеси, содержащей пентаБДЭ. Перечисление таких отдельных аналогов, как основные компоненты - БДЭ-47 и БДЭ-99, или классов тетрабромированных и пентабромированных дифениловых эфиров (с указанием принадлежности к каждому классу), будет отвечать цели существующих национальных законодательств в отношении аналогов пентаБДЭ, а также содействовать национальному мониторингу и регулированию выбросов, производства и использования. Было предложено, что следует рассмотреть также включение гексаБДЭ, который составляет небольшую долю смеси К-пентаБДЭ. Поскольку гексаБДЭ является компонентом К-октаБДЭ, при оценке вариантов регулирования октаБДЭ необходимо будет рассмотреть вопрос о включении гексаБДЭ.

Выводы и рекомендации

После оценки характеристики рисков коммерческого пентаБДЭ и вывода о том, что компоненты этой смеси вследствие характеристик ее компонентов в результате переноса в окружающей среде на большие расстояния могут вызвать серьезные неблагоприятные последствия для здоровья человека и окружающей среды, настоящая оценка регулирования рисков была подготовлена в соответствии с тем, как это определено в приложении F Конвенции.

В соответствии с пунктом 9 статьи 8 Конвенции Комитет рекомендует Конференции Сторон рассмотреть вопрос о включении 2,2',4,4'-тетрабромдифенилового эфира (БДЭ-47, № КАС 40088-47-9) и 2,2',4,4',5-пентабромдифенилового эфира (БДЭ-99, № КАС 32534-81-9) и других тетра- и пентабромдифениловых эфиров, содержащихся в К-пентаБДЭ, - с использованием БДЭ-47 и БДЭ-99 в качестве маркеров для целей правоприменения - в приложение А к Конвенции, как описано выше.

1. Введение

1.1 Идентификационные данные предлагаемого химического вещества

История вопроса

В 2005 году Норвегия предложила включить коммерческий пентабромдифениловый эфир (К-пентаБДЭ) в качестве стойкого органического загрязнителя (СОЗ) в приложение А Стокгольмской конвенции, и Норвегия отвечает за подготовку проекта настоящей оценки регулирования рисков (приложение F).

ПентаБДЭ является бромированным огнезащитным составом (БОС), входящим в группу бромированных органических веществ, которые сдерживают или подавляют горение в органических материалах. В основном он используется в производстве эластичного пенополиуретана (ППУ) для мебели и обивочного материала в домах и транспортных средствах, упаковочного материала, а также в меньшей степени непенистого полиуретана для облицовки корпусов и электрическом и электронном оборудовании (ЭЭО). До некоторой степени он также используется в специальных целях в текстильной промышленности, и имеет ряд различных других применений. Вследствие химических и токсических свойств его основных компонентов - изомеров тетрабромдифенилового эфира (тетраБДЭ) и пентабромдифенилового эфира (пентаБДЭ) – и их широкого распространения в окружающей среде и в теле человека К-пентаБДЭ вызывает озабоченность во многих регионах мира.

Идентификационные данные предлагаемого химического вещества

Коммерческий пентабромдифениловый эфир относится к смеси аналогов бромдифенилового эфира, в котором основные компоненты – это 2,2', 4,4'-тетрабромдифениловый эфир (БДЭ-47 КАС № 40088-47-9) и 2,2',4,4',5-пентабромдифениловый эфир (БДЭ-99 КАС № 32534-81-9), которые имеют наивысшую концентрацию по весу относительно других компонентов смеси. Гексабромдифениловые эфиры (гексаБДЭ) могут также составлять значительную долю К-пентаБДЭ. В составе используемого в Северной Америке и Европе К-пентаБДЭ содержится от 4 до 12 процентов гексаБДЭ.

Система нумерации для ПБДЭ является такой же, как и для полихлордифенилов (ПХБ) (Балшмитер и другие, 1993 год). Акроним ПБДЭ используется для общего обозначения полибромдифенилового эфира, охватывающего все аналоги семейства бромированных дифениловых эфиров. Иногда используется сокращение БДЭ.

1.2 Выводы Комитета по рассмотрению в отношении информации в рамках приложения E

В приложении E Стокгольмской конвенции требуется подготовить характеристику рисков, чтобы оценить, может ли рассматриваемое химическое вещество в результате его переноса в окружающей среде на большие расстояния вызвать значительные неблагоприятные последствия для здоровья человека и/или окружающей среды. Характеристика рисков в отношении К-пентаБДЭ была разработана и принята в 2006 году (ЮНЕП, 2006 год). Комитет по рассмотрению СОЗ сделал следующий вывод:

Пентабромдифениловый эфир (К-пентаБДЭ) является синтетической смесью антропогенного происхождения, и его существование в природе неизвестно. В этой связи можно сделать вывод о том, что присутствие компонентов К-пентаБДЭ в окружающей среде является результатом антропогенной деятельности. Перенос на большие расстояния является причиной его присутствия в таких областях, как Арктика, отдаленных от мест его производства и выбросов. ПентаБДЭ медленно разлагается в окружающей среде и может биоаккумулироваться и биоумножаться в млекопитающих и рыбоядных птицах. Прекращение производства и использования К-пентаБДЭ привело к уменьшению его использования в настоящее время, но многие используемые в настоящее время материалы, например, пенополиуретаны и пластмассы в электронном оборудовании, содержат пентаБДЭ, который медленно выделяется в окружающую среду. Это выделение может ускоряться в конце срока службы таких материалов, особенно во время операций по их восстановлению и регенерации. Хотя уровни пентаБДЭ в крови и молоке человека, а также в других экологических видах в Европе снижаются, они продолжают увеличиваться в Северной Америке и регионе Арктики.

Судя по информации, содержащейся в этой характеристике рисков, пентаБДЭ в результате его переноса в окружающей среде на большие расстояния и установленной токсичности для целого ряда видов животных может вызывать серьезные неблагоприятные последствия для здоровья человека и окружающей среды, которые требуют глобальных действий.

1.3 Любые национальные или региональные меры регулирования

Наиболее развитые страны приняли ряд мер для ограничения производства и использования пентаБДЭ.

- Австралия: использование пентаБДЭ эффективно запрещено в новых изделиях. Импорт изделий, содержащих БОЗ, не регулируется.
- ЕС: торговля и использование в концентрациях выше 0,1 процента по массе запрещена с 2004 года (Директива ЕС 2003/11/ЕС). Использование в электрических и электронных приборах прекращено с 1 июля 2006 года в рамках введенного ЕС “Ограничения содержания опасных веществ в электрическом и электронном оборудовании”. Продукция, содержащая более 0,25 процента пентаБДЭ, классифицируется в качестве опасных отходов во время ее утилизации.
- США: промышленность добровольно прекратила производство К-пентаБДЭ с 2005 года, и использование запрещено в некоторых штатах. ЮСЕПА требует уведомления и рассмотрения Агентством до возобновления производства в любых целях (см. правило 40 CFR часть 721.10000).
- Япония: использование К-пентаБДЭ добровольно остановлено в 1990 году.
- Норвегия и Швейцария: в обеих странах запрещено производство, импорт, экспорт, а также торговля и использование пентаБДЭ и смесей, содержащих 0,1 процента пентаБДЭ по весу или более. Продукция, содержащая более 0,25 процента пентаБДЭ, классифицируется в качестве опасных отходов во время ее утилизации. В Норвегии регенерация и повторное использование пентаБДЭ и материалов с пентаБДЭ не разрешены.
- Канада: пентаБДЭ не производится. Регулирующие ограничения на изготовление, использование, продажу и импорт были предложены в 2006 году. Канада будет осуществлять фактическую ликвидацию гомологов тетра-, пента и гексаБДЭ, содержащихся в К-пентаБДЭ.
- Китай: использование пентаБДЭ в электрических и электронных приборах запрещено с 1 марта 2007 года.
- Статус этого химического вещества в рамках международных конвенций перечислен в документе UNEP/POPS/POP/RC.3/INF/26.

2. Производство, использование и выбросы

2.1 Уровни и тенденции производства и использования, которые потребуют регулирования

Спрос и производство в целом

На основе последней имеющейся информации о состоянии рынка в отношении К-пентаБДЭ по данным Научно-экологического форума по брому (НЭФБ) суммарный глобальный спрос уменьшился с 8 500 тонн в 1999 году до 7 500 тонн в 2001 году. Оцененное согласно НЭФБ суммарное использование К-пентаБДЭ с 1970 по 2001 год составило 100 000 т.

Таблица 2.1 Суммарный глобальный спрос на К-пентаБДЭ по регионам в 2001 году. В метрических тоннах и процентах.

	Северная и Южная Америка	Европа	Азия	Остальные страны мира	Общее количество	Процент суммарного мирового потребления БОС
Смешанный состав пента-БДЭ	7 100	150	150	100	7 500	4 %

Источник: НЭФБ (2001 год)

К-пентаБДЭ производился в Израиле, Японии, США и ЕС (Пелтола и др., 2001 год, и доклад Голландского института охраны окружающей среды (доклад ТНО 2005 года). Патент на техническую смесь, содержащую пентаБДЭ, был выдан для Китая в 1999 году. В Китае производилась техническая смесь, содержащая различное соотношение компонентов (то есть, различные доли добавок) по сравнению с К-пентаБДЭ, производимым в Европе и США.

По оценке ЮСЕПА (2007 год) производство и импорт в 2002 году в США составляли от 4 500 до 23 000 тонн, но конкретные цифры промышленность рассматривает в качестве конфиденциальных. Последний производитель К-пентаБДЭ в США, Химическая корпорация Великих озер (в настоящее время Корпорация Chemtura), добровольно прекратила его производство в 2004 году. Перед постепенным свертыванием производства в США большинство произведенных в глобальном масштабе составов К-пентаБДЭ использовалось в Северной Америке (> 97 процентов). В конце 2004 года приблизительно в 7,5 процента из более 2,1 миллиарда фунтов производимого каждый год в США эластичного пенополиуретана содержался К-пентаБДЭ (Штат Вашингтон – 2006 год).

Результаты обследования, проведенного в 2000 году в Канаде, показали, что приблизительно 1 300 тонн содержащей ПБДЭ коммерческой продукции были импортированы в Канаду. На основе сообщенных количеств делается вывод о том, что К-пентаБДЭ импортировался в самых больших объемах.

Производство К-пентаБДЭ в бывшем ЕС (15 стран) прекратилось в 1997 году (ЕС-2000). Использование в ЕС (15 стран) во второй половине 1990-х годов сократилось и по оценкам составляло 300 метрических тонн в 2000 году (использовалось исключительно для производства полиуретана) (ЕС-2000). Использование пентаБДЭ было запрещено в ЕС (25 стран) в 2004 году. Использование ПБДЭ в электрических и электронных приборах было прекращено с 1 июля 2006 года.

Крупный производитель БОЗ в Израиле, Бромидная группа Мертвого моря, заявляет в обнародованном на своем веб-сайте сообщении о том, что ее продукция не содержит К-пентаБДЭ. Это соответствует введенному запрещению в ЕС, страны которого являются важным рынком для этой компании.

Поскольку в настоящее время К-пентаБДЭ не должен производиться в Европе, Японии, Канаде, Австралии и США, оставшиеся производственные мощности расположены в других районах мира. О статусе производства в Китае опубликованной информации не имеется.

Не имеется никакой информации в отношении не входящих в ЕС Восточноевропейских стран, как и в отношении большинства стран в Азиатско-тихоокеанском регионе. Не имеется никакой информации в отношении стран Африке или Латинской Америки.

2.2 Использование К-пентаБДЭ

Хотя в развитых странах производство и использование по существу запрещено, если К-пентаБДЭ не будет включен в перечень СОЗ, то не исключено, что развивающиеся страны смогут начать свое собственное производство и использование. В соответствии с результатами различных национальных и региональных обследований, а также представляемыми странами материалами в рамках Конвенции о ТЗВБР К-пентаБДЭ используется/использовался в следующих отраслях (Швейцарское агентство по окружающей среде – 2002 год, АООС Дании – 1999 год, ЕС – 2000 год, АООС Норвегии – 2003 год и <http://www.unece.org/env/popsxg/6thmeeting.htm>):

- *Электрические и электронные приборы (ээ-приборы):* компьютеры (Betts, 2006; Hazraiti and Harrad, 2006), бытовая электроника, офисное оборудование, бытовая техника и прочие устройства, содержащие печатные схемы из слоистых материалов, пластмассовую облицовку наружных корпусов и внутренние пластмассовые части, такие, как различные элементы малосерийного производства с твердым эластомерным полиуретаном в качестве облицовки корпусов приборов.
- *Средства передвижения:* автомобили, поезда, самолеты и суда, интерьеры которых имеют текстильные и пластмассовые покрытия, а также электрические компоненты.
- *Стройматериалы:* пенные наполнители, термоизоляционные плиты, пеноизоляция, трубы, стенные и половые панели, полимерная пленка, смолы и т.д.
- *Мебель:* обитая материей мебель, мебельные покрытия, матрасы, эластичные пенопласты. К-пентаБДЭ также может содержаться в пенополиуретановых упаковочных материалах.
- *Текстиль:* шторы, ковровые покрытия, пенопластовые листы под ковровыми покрытиями, палатки, брезент, рабочая одежда и защитная одежда.
- *Упаковочные материалы:* К-пентаБДЭ может также использоваться в качестве компонента пенополиуретановых упаковочных материалов.

2.3 Будущий глобальный спрос на огнезащитные составы

Если К-пентаБДЭ не будет запрещен, то есть признаки того, что его производство и использование - наряду с другими бромированными огнезащитными составами - могло бы возрасти. Согласно данным консалтинговой компании по конъюнктуре рынка ожидается, что глобальный спрос на огнезащитные составы будет расти на 4,4 процента в год и достигнет в 2009 году 2,1 млн. метрических тонн стоимостью около 4,3 миллиарда долл. США (Группа Фридония, 2005 год). Рост в значительной мере определяется спросом в развивающихся странах Азии (особенно в Китае), Латинской Америки и Восточной Европы. Ожидается рост спроса на большинство огнезащитных составов. В глобальном масштабе наибольший рост ожидается в отношении бромистых составов, главным образом по причине высоких темпов экономического роста в Китае. Ожидается, что спрос на их использование в электрических и электронных приборах будет расти наиболее интенсивно, поскольку электронные платы становятся все меньше и компактнее, а их пластмассовые элементы подвергаются действию более высоких температур. Ценные с экологической точки зрения продукты будут и далее вытеснять менее экологически безопасные компоненты, особенно в Западной Европе, к тому же огнезащитные составы на основе соединений хлора в Китае начинают заменять составами на основе брома и фосфата и другими пламегасящими смесями (Группа Фридония, 2005 год).

Ожидается, что рынки строительной продукции будут вторым наиболее быстро растущим источником спроса на огнезащитные составы в глобальном масштабе. Исключение составляет Китай, где вторым по темпам роста будет являться автомобильный рынок и затем текстильный - две быстро растущие отрасли промышленности в этой стране. В широком ряде видов продукции пластмассы будут по-прежнему заменять другие материалы, такие, как металлы и стекло, в целях снижения затрат и веса, а также повышения качества дизайна и обеспечения производственной гибкости. Их использование широко распространено и растет в сфере транспорта, производства строительных, электрических и электронных изделий. Для применения во многих целях пластмассы должны обладать огнезащитными свойствами. В результате 75 процентов всех огнезащитных составов используется в пластмассах (Группа Фридония, 2005 год).

Экологические ограничения различны в зависимости от региона. В Западной Европе, Японии и в меньшей степени Северной Америке такие ограничения будут в особенности касаться роста хлорсодержащих соединений, которые также могли бы рассматриваться в качестве замены ПБДЭ. Введенное в Западной Европе запрещение на некоторые бромированные огнезащитные составы, как ожидается, существенно не затронет другие регионы (Группа Фридония, 2005 год), но оно повлияет на разработку электрического и электронного оборудования без применения запрещенных веществ с целью обеспечения его продажи на мировом рынке. Множество азиатских, европейских и американских компаний в 2005 году объявили, что они разработали или разрабатывают электрическое и электронное оборудование, не содержащее К-пентаБДЭ. В Азии продукция уже более 90 процентов изготовителей электронного оборудования совместима с регулируемыми правилами ЕС. Сотрудники компаний электронного оборудования и консультанты в сфере промышленности полагают, что большая часть проданного на мировом рынке электрического и электронного оборудования соответствовала введенному в 2005 году в ЕС запрещению в связи с трудностью разделения продукции на отдельные потоки (Международный экологический вестник, 2006 год).

2.4 Выбросы в процессе производства К-пентаБДЭ и продукции, в которой К-пентаБДЭ используется в качестве добавки

Производители К-пентаБДЭ сообщили, что основные пути выбросов пентаБДЭ в окружающую среду во время производства - это отходы после фильтрования и не удовлетворяющий техническим условиям отбракованный материал - и то, и другое закапывается на мусорных свалках. Выбросы пентаБДЭ в сточных водах могут также происходить в результате слива очистных растворов (АРП, 2000 год). Считается, что производственные выбросы К-пентаБДЭ в воздух не происходят или пренебрежимо малы (АРП, 2000 год, ван дер Гон и другие, 2005 год). Расчеты на моделях показывают, что выбросы в процессе изготовления продукции, содержащей К-пентаБДЭ, незначительны по сравнению с выбросами, связанными с потреблением.

2.5 Выбросы в результате использования продуктов, содержащих К-пентаБДЭ

В докладе TNO 2005 года сделан вывод о том, что основная часть выбросов пентаБДЭ в воздух происходит из продукции и оборудования, в которых это вещество содержится в качестве огнезащитного состава.

Оборудование, находящееся внутри помещений

ПентаБДЭ фигурировал в некоторых исследованиях внутренней пыли, и в ходе нескольких исследований изучалась степень воздействия на человека (ЮНЕП, 2006 год). Внутренняя пыль считается одним из главных источников воздействия на человека (ЮНЕП, 2006 год). К-пентаБДЭ используется исключительно в качестве химической присадки. Хотя величина давления пара его компонентов является низкой, некоторая доля может испаряться из продукции во время всего ее жизненного цикла (АРП, 2000 год). После высвобождения

соединения пентаБДЭ вероятнее всего поглощаются частицами. Эти частицы (пыль) могут осаждаться на поверхности внутри содержащих пентаБДЭ устройств, на других поверхностях в помещениях или перемещаться в открытую окружающую среду (АООС Дании, 1999 год). Физическое разрушение продукции может также способствовать присутствию пентаБДЭ в частицах внутренней пыли.

В ходе нескольких исследований компоненты К-пентаБДЭ обнаружены в воздухе помещений и в пыли, выделяющейся из такой продукции, как текстильные изделия, мебель и электронные устройства (Шойб и другие, 2004 год, Степлтон и другие, 2005 год, и Уилфорд и другие, 2005 год). Во время контролируемых экспериментов с использованием пузырьковой камеры обнаружено улетучивание пентаБДЭ из ППУ, используемых для производства мебели (Уилфорд и другие, 2005 год). Однако в работе Хейла и других (2002 год) указывается, что физическое разрушение пенопласта может приводить к большим выбросам пентаБДЭ из ППУ. Экспериментальные данные показывают, что тетраБДЭ и пентаБДЭ высвобождаются из таких электронных приборов, как телевизоры и компьютерные мониторы (АООС Дании, 1999 год). Это подтверждается результатами недавнего исследования, указывающими на использование К-пентаБДЭ в компьютерах старого поколения (Бетс, 2006 год; Хазрати и Харрад, 2006 год).

Согласно АРП (2000 год) при худшем сценарии из всего объема присутствующего в продукции К-пентаБДЭ ежегодно посредством улетучивания выделяется 3,9 процента пентаБДЭ в течение ожидаемого срока службы продукции протяженностью 10 лет. К 2000 году мировые годовые выбросы пентаБДЭ в результате нового использования ППУ в изделиях согласно оценке составят 585-1053 метрических тонн/год (см. таблицу 2.3 в документе UNEP/POPS/POPRC.3/INF/23).

Оборудование, установленное вне помещений

Хотя испаряющийся из установленного вне помещений оборудования материал широко рассеивается и при низких концентрациях в воздухе, частицы содержащих К-пентаБДЭ полимерных (пенопластовых) продуктов могут выделяться в окружающую среду из установленного вне помещений оборудования, содержащего К-пентаБДЭ. Эти частицы главным образом выделяются в почву городской/промышленной среды (75 процентов), но могут также попадать в поверхностные воды (24,9 процента) или в воздух (0,1 процента). Поливинилхлорид (ПВХ), в который К-пентаБДЭ добавляется в качестве огнезащитного состава (АРП, 2000 год), возможно, использовался в следующих случаях: грунтовка автомобилей, кровельный материал, электролитическое покрытие катушек, тканевые покрытия, покрытие кабелей и проводов, а также профили и подошвы обуви. Коэффициенты загрязнения окружающей среды отходами производства в отношении этих выбросов по оценке АРП (2000 год) составляют от 2 до 10 процентов на протяжении всего жизненного цикла продукции, с более высоким коэффициентом, применяющимся к продукции, имеющей высокую степень износа (например, автомобильная грунтовка и подошвы обуви), и 2 процента во время операций по захоронению. Выбросы в регионе ЕС по оценкам 2000 года составляли 15,86 тонн пентаБДЭ в год в промышленную загрязненную почву, 5,26 тонн в год в поверхностные воды и 0,021 тонн в год в воздух. В литературе не имеется никаких данных о мировых выбросах. Согласно информации, полученной от представителей промышленного производства бромидов, ретроспективное использование рабочей жидкости (в виде смеси) при бурении и добыче нефти могло привести к сбросам избыточных больших количеств в окружающую среду. Никаких оценок таких выбросов в литературе не имеется.

2.6 Выбросы из отходов, содержащих К-пентаБДЭ

Отходы могут образовываться в результате производства К-пентаБДЭ, в процессах изготовления продукции, содержащей К-пентаБДЭ, и случаях утилизации К-пентаБДЭ-содержащей продукции в качестве отходов. В литературе имеется ограниченная информация, касающаяся выбросов из К-пентаБДЭ-содержащих отходов.

Отходы, образующиеся в результате производства К-пентаБДЭ

В отношении производства К-пентаБДЭ производители заявляют, что основные источники выбросов в отходах - это отходы после фильтрования и отбракованный материал. Выбросы ПентаБДЭ в сточных водах могут также происходить в результате слива очистных растворов (АРП, 2000 год). К-пентаБДЭ-содержащие отходы вывозятся на мусорные свалки (АРП, 2000 год). В США эти отходы удаляются на мусорных свалках, на которых разрешено обращение с опасными химическими отходами. В ЕС отходы, содержащие более 0,25 процента пентаБДЭ, классифицируются в качестве опасных отходов и подлежат соответствующему обращению. Считается, что производственные отходы К-пентаБДЭ пренебрежимо малы.

Отходы, образующиеся в процессе изготовления продукции, содержащей К-пентаБДЭ

Потери огнезащитного состава в течение этих процессов остаются в отходах пеноматериалов. Отходы пеноматериалов часто перерабатываются для использования в качестве подстилающего слоя ковровых покрытий (ребонд), особенно в Соединенных Штатах (ЕС является экспортером отходов пеноматериалов

(приблизительно 40 000 тонн в год) в Соединенные Штаты для использования в этих целях (АРП, 2000 год). Сообщается о других видах утилизации отходов пеноматериалов, таких, как измельчение и последующее использование в качестве наполнителей в целом ряде применений (например, автомобильные сиденья, добавки к натуральному полиолу при изготовлении сырья для пенопластовых плит). Во многих странах существует также вероятность того, что отходы пеноматериалов вывозятся на мусорные свалки или сжигаются. Во время производства печатных плат существенная часть слоистого материала отрезается и рассматривается в качестве твердых отходов, и то же самое происходит при производстве ээ-приборов. В большинстве стран - производителей для изготовления печатных плат К-пентаБДЭ уже более не используется. Это твердые отходы помещаются на мусорные свалки или сжигаются, также как и отходы, образующиеся в результате производства стройматериалов, текстильных изделий и мебели.

Когда содержащая К-пентаБДЭ продукция становится отходами

В ЕС содержащие пентаБДЭ отходы охватываются положениями правил, регламентирующих обращение с пластмассами, содержащими БОС. Эти пластмассы должны быть отделены от ээ-приборов до восстановления и регенерации к декабрю 2006 года. После отделения от металлов пластмассовая фракция утилизируется или сжигается в муниципальных установках для сжигания отходов, но разрабатываются технологии разделения содержащих и не содержащих бром пластмасс, способствуя таким образом обращению с отходами и возможной их регенерации.

После окончания срока службы транспортные средства хранятся на открытом воздухе, а затем разбираются на установках для переработки отслуживших свой срок автомобилей. В некоторых странах регулирующие положения предусматривают требование об отделении содержащих опасные вещества компонентов перед резкой на лом. Это действительно применяется в отношении небольших компонентов, которые легко демонтировать. В отношении большинства пластмассовых и текстильных компонентов этого не делается, и огнезащитные составы в этих компонентах оказываются в отходах установок для переработки отслуживших свой срок автомобилей, которые вывозятся на мусорные свалки или иногда сжигаются. Другая содержащая К-пентаБДЭ продукция также перевозится на свалки или сжигается в тех случаях, когда она переходит в категорию отходов.

Выбросы из мусорных свалок и установок для сжигания

Полимерные (пенные) частицы, содержащие К-пентаБДЭ, могут проникать с мусорных свалок в почву, воду или подземные воды. Однако в настоящее время невозможно оценить значение этого процесса. Объемы пентаБДЭ, помещаемые на свалки или сжигаемые в странах ЕС, по оценкам, составляют 1,036 тонн/год (АРП, 2000 год). С учетом физико-химических свойств этого вещества (низкая растворимость в воде, высокий коэффициент разделения октанола и воды) считается весьма маловероятным, что значительные объемы пентаБДЭ будут выщелачиваться из районов их захоронения на мусорных свалках, поскольку это вещество весьма сильно поглощается почвой (АРП, 2000 год). Однако в результате скрининга, проведенного в ходе одного из норвежских исследований, были измерены концентрации пентаБДЭ, вызывающие озабоченность в отношении просачивания с водой из мусорных свалок (Фьельд и другие, 2003 и 2004 годы).

В диапазоне рабочих температур муниципальных установок для сжигания отходов почти все огнезащитные составы разрушаются. Однако на основе опыта с другими органическими соединениями микроколичества могут проходить через камеру сгорания (АООС Дании, 1999 год). В ходе исследований муниципальных установок для сжигания отходов были зафиксированы уровни пентаБДЭ, находящегося как в газообразной форме, так и в форме макрочастиц в воздухе вблизи от установки. Эти уровни превышали фоновые уровни пентаБДЭ (Агрелль и другие, 2004 год, Ло, 2005 год, тер Шур и другие, 2004 год).

При сжигании отходов, содержащих К-пентаБДЭ, могут выделяться потенциально токсичные продукты, такие, как бромированные дибензо-п-диоксины и дибензофураны (АООС Дании, 1999 год), поскольку во время сжигания отходов хлорсодержащих материалов могут образовываться их хлорсодержащие аналоги. В то время как технологии, используемые на современных хорошо работающих установках для сжигания отходов для управления выбросами хлорсодержащих диоксинов и дибензофуранов, считаются достаточными для регулирования выбросов бромированных и смешанных бром/хлорсодержащих веществ (ОЭСР, 2001 год), эти вещества могут выбрасываться во время открытого сжигания К-пентаБДЭ-содержащих материалов или во время некоторых других процессов горения (ЕС, 2000 год).

2.7 Выбросы в результате деятельности по регенерации и демонтажу

Установки для регенерации отходов электрических и электронных (ЭЭ) приборов

На установках для регенерации ээ-отходов обычно восстанавливается металл, иногда пластмассовые компоненты, но никогда ППУ, которые переходят во фракцию отходов и могут сжигаться для получения энергии за счет утилизации отходов. Результаты анализа демонтированных печатных плат FR2 в скрапе

электрических изделий показывают, что около 35 процентов используемых ПБДЭ составляет К-пентаБДЭ. На основе рыночной информации было сделано предположение, что 25 процентов слоистых материалов FR2 в приборах старого поколения обрабатывалось коммерческой смесью пентаБДЭ (Швейцарское агентство, 2002 год). Преведурос и другие (2004 год) оценили объем производства, потребления и атмосферных выбросов пентаБДЭ в Европе за период с 1970 по 2000 годы на основе опубликованных данных. Согласно их исследованию, поток пентаБДЭ в использованных ээ-приборах оценивается на уровне от 17 до 60 метрических тонн в год за период 2000-2005 годов. Проведенные в Швейцарии экспериментальные исследования о потоке этого вещества на современных регенерирующих установках показали гораздо больший объем потока пентаБДЭ, чем ожидалось в выводах, сделанных на основе анализа опубликованных данных. Исследование показало, что у большинства производителей и импортеров не имеется достаточной информации о содержании химических соединений продаваемых ими продуктов (Швейцарское агентство, 2002 год).

В работе Морфа и других (2005 год) средняя концентрация пентаБДЭ в ээ-приборах, по оценкам, составляла 34 мг/кг. Наибольшая величина была отмечена в пластмассовых элементах ээ-приборов (125 мг/кг). Если в процессе регенерации не производится эффективный контроль загрязнения воздуха с помощью современных устройств, которые были установлены на новой установке, где проводилось экспериментальное исследование, в окружающую среду может перемещаться значительный поток пентаБДЭ, смешанного с пылью. На установках с фильтрованием отходящих газов улавливается приблизительно 65 процентов пентаБДЭ (Морф и другие, 2005 год).

В ходе исследования рабочих условий на установках для регенерации были отмечены уровни пентаБДЭ в воздухе в помещениях, которые указывают, что пентаБДЭ также может распространяться в качестве диффузных выбросов из установок для регенерации. Авторы национального анализа потока вещества, выполненного для Швейцарии, охватили весь жизненный цикл пента-, окта- и декаБДЭ, а также тетрабромбисфенола-А (ТББФ-А) и сделали вывод, что оборудование для переработки отходов ээ-приборов производит отходы с наибольшим потоком исследуемых БОС по сравнению с другими отходами, такими, как, например, остатки автомобилей и отходы строительной промышленности (Швейцарское агентство, 2002 год).

Демонтаж транспортных средств

По оценке результатов анализа потоков БОС в Швейцарии, концентрации пентаБДЭ в пластмассах составляли 0,044 г/кг в автомобилях, произведенных в 1998 году, и 0,089 г/кг в автомобилях, произведенных в 1980 году. Эти концентрации относятся к объемам К-пентаБДЭ в общем весе пластмассовых компонентов автомобилей без учета пластмассовых компонентов ээ-приборов. Вплоть до конца 80-х годов 100 процентов всех ненасыщенных полиэфирных (НП) смол обрабатывалось БОС, преимущественно - декаБДЭ, но также и К-пентаБДЭ и ТББФ-А.

Первая стадия регенерации транспортных средств – это их измельчение в шреддерах, где металлы отделяются от других материалов и восстанавливаются. Пластмассовые детали главным образом попадают во фракцию, называемую "отстоем". Условия диффузных выбросов, как предполагается, являются аналогичными для выбросов из установок по регенерации ээ-приборов.

Демонтаж зданий и других строительных конструкций

В Швейцарии 5 процентов произведенных в 1990 году из ППУ термоизоляционных плит использовались в строительной промышленности и содержали 220 г/кг К-пентаБДЭ (Швейцарское агентство, 2000 год).

Имеются признаки использования К-пентаБДЭ в полимерных пленках из ПВХ. По результатам проведенного в Швейцарии анализа потоков вещества в 5 процентах произведенной в 1990 году продукции с пленкой из ПВХ, как предполагалось, содержался К-пентаБДЭ. Объем К-пентаБДЭ, по оценкам, составляет в пленке ПВХ 49 г/кг. Можно предположить, что в ходе деятельности по демонтажу с пылью будут выделяться выбросы пентаБДЭ. Эта информация слишком ограничена, чтобы количественно определить величину таких выбросов.

3. Сводная информация, относящаяся к оценке регулирования рисков

3.1 Возможные меры регулирования

В принципе имеются несколько мер регулирования, которые можно было бы ввести с целью сокращения использования К-пентаБДЭ и/или сокращения воздействия на окружающую среду, связанного с использованием этого вещества, но многие из них выходят за рамки Стокгольмской конвенции. К ним относятся добровольные обязательства со стороны промышленности, схемы эко-маркирования, экономические инструменты и система возврата депозитов.

Запрещение/ограничение производства и использования К-пентаБДЭ или ключевых компонентов этого производимого в коммерческих целях состава явилось бы эффективной мерой при ее надлежащем проведении

в жизнь. Некоторые страны уже приняли такие меры. Введение норм, направленных на сокращение концентрации бромдифениловых эфиров в продукции, было бы весьма эффективным (RPA, 2000). Нормы могли бы применяться для обеспечения экологически грамотного обращения с отходами. Регулирование рисков было бы наилучшим способом достигнуто путем глобального запрещения производства и использования К-пентаБДЭ, обусловленного включением компонентов этого состава в соответствующий перечень Стокгольмской конвенции. Существуют подходящие и более экологически безопасные альтернативы всем применениям К-пентаБДЭ, поэтому такой запрет мог бы распространяться на все сектора. Этот запрет позволит ликвидировать выбросы при производстве К-пентаБДЭ, а также высвобождение бромдифениловых эфиров при производстве и использовании К-пентаБДЭ в новой продукции. Важным соображением является то, что простой запрет не затронет выбросов К-пентаБДЭ из уже используемой продукции. Одна страна сообщила о необходимости продолжения использования К-пентаБДЭ в военной авиации в связи с отсутствием заменителей, соответствующих специальным требованиям пожарной безопасности.

Различные меры регулирования на производственных предприятиях или установках для обращения с отходами будут обеспечивать безопасную рабочую среду и надлежащую производственную практику, меры регулирования на выходе, сокращающие выбросы в окружающую среду, регулирующие положения в сфере обращения с отходами и т.д. Эти меры могут применяться на промышленных установках по производству К-пентаБДЭ, на заводах, использующих К-пентаБДЭ в качестве сырья или добавки к своей продукции, и на установках для обращения с отходами. В случае надлежащей разработки и применения это могло бы оказаться эффективным средством сокращения выбросов из рассматриваемых источников.

Действенность и эффективность возможных мер регулирования

При выборе мер регулирования для остального использования и производства К-пентаБДЭ необходимо учитывать то, что наиболее развитые страны уже свернули производство К-пентаБДЭ. Вместе с тем все еще необходимы действия по защите здоровья человека и окружающей среды от выделений и выбросов компонентов К-пентаБДЭ. Дальнейшие варианты сокращения рисков следует изучать исходя из следующих критериев (АРП, 2000 год):

- *Эффективность*: соответствующая мера должна быть нацелена на сокращение значительных опасных последствий и путей воздействия, определенных в рамках оценки рисков. Эта мера должна быть способна сократить риски, которые необходимо ограничить в пределах и на протяжении разумного периода времени;
- *Практичность*: соответствующая мера должна быть осуществима, обеспечена правовыми санкциями и как можно более проста с точки зрения управления. Приоритет следует отдавать обычно используемым мерам, которые могут выполняться в рамках существующей инфраструктуры;
- *Экономический эффект*: воздействие соответствующей меры на производителей, обработчиков, пользователей и другие стороны должно быть, насколько это возможно, минимальным;
- *Контролируемость*: следует предусмотреть возможные меры мониторинга, которые позволят оценить успешность сокращения рисков.

Обращение с отходами

Запрещение в отношении производства и использования К-пентаБДЭ само по себе не сможет воздействовать на выбросы его вызывающих беспокойство компонентов в процессе обращения с отходами там, где они могут представлять собой техническую или историческую проблему. Однако внесение такого вещества в соответствующий перечень Стокгольмской конвенции подразумевает запрещение регенерации и повторного использования запасов собственно К-пентаБДЭ. В Статье 6 Конвенции содержится требование о том, чтобы отходы и запасы хранились надежным, эффективным и экологически безопасным образом, с тем чтобы содержание было уничтожено или необратимо преобразовано с учетом международных правил, стандартов и руководящих принципов. В этой статье также не разрешается удалять таким образом, который может приводить к рекуперации, рециркуляции утилизации, прямому повторному использованию или альтернативным видам использования СОЗ.

Особой проблемой может явиться отделение изделий, содержащих К-пентаБДЭ, от изделий, не содержащих это вещество, поскольку основная часть изделий не снабжается этикетками с указанием их компонентов. Однако имеется информация об изделиях, которые в прошлом содержали К-пентаБДЭ, и об изделиях, которые используются в настоящее время, таких, как электронные изделия, текстильные изделия, изоляционные материалы и облицовочные материалы корпусов. Национальные власти должны будут проводить обследования для получения более детальной информации о содержании К-пентаБДЭ в различных изделиях, которые становятся отходами. С технической точки зрения проблемой будет являться отделение содержащих и

не содержащих бром пластмассовых компонентов. Технологии в этой области разрабатываются и таким образом способствуют обращению с отходами и возможной регенерации, но они являются дорогостоящими.

Цели прекращения использования существующих продуктов, содержащих К-пентаБДЭ, и их сбор могут рассматриваться в соответствии с приложениями А или В Конвенции. Поскольку существуют значительные запасы находящейся в пользовании продукции, содержащей К-пентаБДЭ, национальные власти могут рассмотреть некоторые дополнительные меры для ограничения выбросов. Эти меры могут варьироваться от создания пунктов сбора, на которые люди могут приносить свои использованные изделия, до более активной пропаганды и стимулирования людей приносить ненужные им изделия. Система залога-возмещения не представляется целесообразной, поскольку продажа новых продуктов, содержащих К-пентаБДЭ, уже не разрешается, а их присутствие становится проблемой наследия. Однако вознаграждение людям за доставку ненужных им изделий могло бы рассматриваться в качестве варианта, хотя источник финансирования таких действий не очевиден.

Особую проблему будет представлять обеспечение надлежащего обращения с содержащим К-пентаБДЭ материалом/изделиями в развивающихся странах. Поскольку в этих странах существует ограниченный опыт обращения с такими отходами, им потребуется практическая помощь и информирование, а также финансовая поддержка для обеспечения экологически безопасного обращения с такими отходами. Эта помощь обучения тому, как демонтировать различные содержащие К-пентаБДЭ изделия, обращаться с различными деталями и методами экологически безопасного обращения с конечным продуктом К-пентаБДЭ. Если К-пентаБДЭ будет включен в список Стокгольмской конвенции, то руководящие принципы рационального обращения с отходами и изделиями, содержащими К-пентаБДЭ, будут разработаны в рамках Базельской конвенции (статья 6, пункт 2 Стокгольмской конвенции).

3.2 Информация об альтернативах (продукты и процессы)

По мере прекращения торговли К-пентаБДЭ на важных рынках изготовители активно выявляют альтернативы. Некоторые компании, например ИКЕА, уже прекратили использование всего К-пентаБДЭ в мировом масштабе. Еще одним фактором, способствующим развитию альтернатив, является тот факт, что многие правительства и крупные корпорации разработали “зеленые” принципы закупок, которые запрещают использование К-пентаБДЭ в электронной продукции.

Информация об уже используемых альтернативах К-пентаБДЭ сообщается компаниями в региональном обследовании по Соединенным Штатам (штат Вашингтон, 2006 год). Альтернативные варианты, определенные в ходе этого процесса, перечислены в таблице 3.1 в приложении 3. Последствия этих альтернатив для здоровья человека или окружающей среды авторами настоящего доклада не рассматривались. Например, гексабромциклододекан, альтернатива К-пентаБДЭ в облицовочных покрытиях и клейких материалах не является предпочтительной. Это соединение уже вызывает обеспокоенность в некоторых странах и регионах в связи с его химическими свойствами. АРП в своем отчете (2000 год) предлагает то, что только тетрабромобензол (ТВВЕ) и хлорированные алкидные эфиры фосфорной кислоты, трис (2-хлороизопропил) фосфат, (ТСРР) в частности, вслед за эфирами фосфорной кислоты являются соответствующими химическими альтернативами К-пентаБДЭ. Однако с того времени могли быть разработаны и появились на рынке другие альтернативы, которые также следует рассмотреть. С учетом имеющегося диапазона альтернативных огнезащитных составов правильным решением будет изучение процессов изготовления, оценка использования синтетических материалов и отдать предпочтение тем, которые представляют собой наименьший риск.

Альтернативы К-пентаБДЭ в ППУ

В рамках Проекта по окружающей среде, проведенного ЮСЕПА, была завершена оценка альтернативных вариантов содержания К-пентаБДЭ в ППУ, которая была выпущена в сентябре 2005 года (ЮСЕПА, 2005 год). Агентство установило партнерские отношения с целью уменьшения возгораемости мебели широким рядом заинтересованных сторон для оценки экологически безопасных химических альтернатив К-пентаБДЭ и исследование других технологий улучшения пожарной безопасности мебели. Ведущие изготовители химических огнезащитных составов США определили 14 химических составов, которые являются жизнеспособными заменителями К-пентаБДЭ в широкомасштабном производстве пористого эластичного пенополиуретана (см. таблицу 3.2 в приложении 3). Альтернативные варианты являются химическими заменителями К-пентаБДЭ, совместимыми с существующим технологическим оборудованием на заводах по производству ППУ, и поэтому являются рентабельными. Некоторые химические вещества, помимо этих 14 составов, в настоящее время используются для других типов пенопласта и нашли рыночную нишу в сфере пористых ППУ. Эти химические вещества используются для пламезадержания высокоплотных эластичных пенополиуретанов.

Три из наиболее широко используемых химических веществ, которые, по различным сообщениям, могут быть патологически конкурентными и жизнеспособными альтернативами К-пентаБДЭ, - это меламина, трис (1,3-дихлоро-2-пропил) фосфат (ТДСРР) (или ТСРР) и полисфосфат аммония (ПФА). Огнезащитные составы на основе меламина в настоящее время используются в эластичных ППУ, выпуклое покрытие (которые распухают при нагревании и таким образом являются некоторой мерой замедления воспламенения), полиамиды и термопластичные полиуретаны. Они эффективно используются в Европе при производстве высокоплотных эластичных ППУ, но требуют от 30 до 40 процентов меламина по весу полиола. ТДСРР является эфиром фосфорной кислоты, которая часто используется в составах ППУ. Он используется в высокоплотных пенопластовых плитах и использовался в низкоплотных пенопластовых плитах в тех случаях, когда потеря света (обесцвечивание) не является предметом главной озабоченности. ПФА в настоящее время используется в качестве огнезащитной добавки для повышения пожарной безопасности в эластичных и твердых пенополиуретанах, а также в распухающих слоистых материалах, формовочных смолах, уплотнителях и клеях. Однако производители химической продукции и торговая группа изготовителей пенопласта не рассматривают это в качестве альтернативы К-пентаБДЭ в широкомасштабном производстве.

Нехимические альтернативы К-пентаБДЭ в ППУ

Нехимические альтернативы также выявлены ЮСЕПА (2005 год). Три имеющихся в настоящее время альтернативные технологии производства огнестойкой мебели включают барьерные технологии, изготовление пропитанной графитом пены и обработку поверхностей. Пропитанная графитом пена и обработка поверхностей имеют ограниченное коммерческое использование. Барьерные технологии используются преимущественно при изготовлении матрасов, а не бытовой обитой материей мебели, но могут иметь и дальнейшее применение.

Кроме того, следует отметить, что в некоторых образцах мебели не используются наполнители или даже ткань вообще. Таким образом, при оценке альтернативных средств повышения огнестойкости мебели следует учитывать варианты ее дизайна.

Альтернативы К-пентаБДЭ в ээ-приборах

С середины ноября 2005 года ряд крупных производителей прекратили использование всех видов ПБДЭ. Фирмы-производители ожидают повышение цен в связи с соблюдением введенного ЕС запрещения на использование опасных химических веществ в ээ-приборах, включая К-пентаБДЭ, среди ряда других веществ. Среди мировых производителей электрической и электронной продукции 35 процентов ожидают повышения цен на свою продукцию в пределах менее 5 процентов, другие 23 процента производителей ожидают повышения в размере от 5 до 10 процентов; 6 процентов производителей ожидают повышения цен на более чем 10 процентов (Международный экологический вестник, 2006 год). Примеры используемых в настоящее время огнезащитных составов включают: не содержащие брома монтажные платы (Сони), огнезащитные составы для печатных плат на основе фосфора (Хитачи), огнестойкая пластмасса (Тошиба), не содержащие галоген материалы и низковольтные внутренние провода (Панасоник/Мацусита) (АООС Норвегии, 2003 год). Лайзевитц и др. (2000 год) указывают, что не должно возникнуть никаких проблем в результате использования бората цинка, гидроксида магния или растяжного графита в качестве альтернатив бронированным огнезащитным составам.

Альтернативы К-пентаБДЭ в текстильной промышленности

Существуют не содержащие бром альтернативные варианты огнезащитных составов для использования в текстильной промышленности (см. таблицу 3.3 в документе UNEP/POPS/POPRC.3/INF/23). Некоторые из них, например, триокись сурьмы и бура, не являются экологически безопасными. Имеются также прочные огнезащитные материалы, например, шерсть и полиэфирные волокна (полиэстер). Некоторые изготовители утверждают, что запрещение на использование К-пентаБДЭ в текстильной промышленности приведет к ухудшению качества и долговечности тканей.

3.3 Последствия осуществления возможных мер регулирования для общества

Выгоды прекращения производства и использования К-пентаБДЭ

Наиболее очевидные выгоды всемирному сообществу от прекращения производства и использования К-пентаБДЭ будет состоять в уменьшении риска для здоровья человека и ущерба окружающей среде вследствие уменьшения выбросов в воздух, воду и почву компонентов, которые считаются СОЗ, а также выбросов на рабочих местах (ЮНЕП, 2006 год). Основная часть выбросов К-пентаБДЭ оседает в почве и отложениях, поскольку в окружающей среде это вещество связывается с частицами. К-пентаБДЭ в почве или отложениях легко инкорпорируются в пищевую цепочку и биоаккумулируются в жировых тканях хищников, а

также человека. Это вещество широко распространено в окружающей среде по всему миру. У некоторых исчезающих видов были зарегистрированы уровни содержания этого вещества, вызывающие озабоченность.

Уровни К-пентаБДЭ зарегистрированы в теле человека во всех регионах мира (ЮНЕП, 2006 год). Потенциальное воздействие на людей происходит через пищу, использование содержащей К-пентаБДЭ продукции и вдыхание воздуха и пыли. К-пентаБДЭ переходит от матерей в плод и к вскармливаемым грудью младенцам. ЮНЕП (2006 год) в своей оценке делает вывод о том, что К-пентаБДЭ может вызывать значительные неблагоприятные последствия для здоровья человека или для окружающей среды и таким образом это потребует глобальных действий (см. раздел 1.2). Продолжение его использования потенциально приведет к весьма большим потерям.

Противопожарные мероприятия важны с точки зрения безопасности человека и для предотвращения социальных и экономических потерь в результате пожаров, но также с точки зрения предотвращения распространения выделяющихся при пожарах токсичных материалов в окружающей среде. Использование меньшего количества огнезащитных составов или менее эффективные средства могут поэтому вызвать потери в том случае, если пожары станут возникать более часто, но, согласно сведениям ЮСЕПА (2005 год), имеющиеся альтернативы действуют так же хорошо, как К-пентаБДЭ. Большинство альтернатив сами по себе менее опасны для окружающей среды, чем К-пентаБДЭ. Лишь немногие из заменителей классифицируются в качестве опасных для окружающей среды веществ, хотя во многих случаях полная информация отсутствует. Критерии оценки возможных перспективных веществ были опубликованы АООС Дании (1999 год).

Следует провести оценку сокращения цены для общества в результате сокращения ущерба, наносимого экосистемам и здоровью людей в случае удаления с рынка таких материалов, как К-пентаБДЭ. Ценность сокращенного ущерба для окружающей среды и здоровья сложно определить в количественном выражении, но было предложено несколько методов. Принцип "загрязнитель платит", согласно которому такие затраты следует относить на счет производителя и/или пользователя, применяется редко (по крайней мере без оказания содействия со стороны регулирующих органов), и поэтому не имеется хороших оценок потенциальной стоимости предотвращенного ущерба.

Учитывая вышеприведенную дискуссию, общая чистая польза от прекращения производства и использования К-пентаБДЭ для здоровья человека и окружающей среды скорее всего будет положительной.

Затраты на прекращение производства и использования К-пентаБДЭ

Согласно имеющейся информации, производство К-пентаБДЭ уже прекращено или прекращается как в развитых, так и развивающихся странах.

Необходимо будет учитывать дополнительные издержки для пользователей К-пентаБДЭ, связанные с его заменой другими веществами в выпускаемых ими продуктах или с изменением дизайна самого продукта, с тем чтобы устранить необходимость добавок. Каждое затронутое производственное предприятие будет иметь собственный набор расходов, понесенных в связи с прекращением использования К-пентаБДЭ, и поэтому трудно произвести общую оценку с какой-либо точностью. Некоторым изготовителям, вероятно, придется вложить капитал в новое производственное оборудование, но для большинства пользователей в этом нет необходимости, поскольку существуют готовые замены. В целом затраты на закупку многих из альтернатив аналогичны или немного ниже затрат на закупку К-пентаБДЭ. Однако в отношении некоторых альтернатив могут увеличиться расходы, связанные с необходимостью более высокой отдачи (АРП, 2000 год). Однако эти расходы не должны быть высокими с учетом того, что, согласно представленной информации, большинство изготовителей уже прекратило использовать К-пентаБДЭ. Изменения рыночного спроса в результате введенных регулирующих запретов в развитых и развивающихся странах в других регионах и прекращение использования К-пентаБДЭ требует корректировок, подобных тех, которые уже были разъяснены в разделе 2.3, для рынка электрического и электронного оборудования.

Включение К-пентаБДЭ или его элементов в Стокгольмскую конвенцию обяжет Стороны принимать меры или руководства, как указано в Конвенции, для обращения с отходами, загрязненными К-пентаБДЭ. Для как развитых, так и развивающихся стран, которые еще не скорректировали свои методы обращения с отходами К-пентаБДЭ, принятие таких мер повлечет за собой дополнительные затраты. В дополнение к технологии сдерживания распространения загрязняющих веществ и положений относительно специального обращения с ними, эти меры могут предусматривать, например, модернизацию установок для обработки отходов. Не имеется никаких данных о затратах, которые понесли страны, принявшие такие меры. Не имеется никаких надежных цифр в отношении примерных затрат на прекращение использования К-пентаБДЭ, но в большинстве исследований говорится, что они являются "низкими". Подтверждением этому экономическому анализу является тот факт, что большинство пользователей в развитых странах прекратило использование К-пентаБДЭ, по всей видимости, без каких-либо больших проблем.

В анализ следует включить потенциальные дополнительные издержки использования альтернативных веществ. Использование меньших объемов огнезащитных веществ или менее эффективных реагентов может привести к социальным и экономическим потерям в случае более частого возникновения пожаров, но согласно данным ЮСЕПА (2005 год), имеющиеся альтернативные вещества функционируют так же хорошо, как и К-пентаБДЭ. Можно обсудить, стоит ли включать в анализ затрат и результатов затраты *производителей* К-пентаБДЭ, понесенные в связи с закрытием производства и в конечном счете в связи с переходом к производству других веществ. Эти затраты можно рассматривать в качестве части обычной реструктуризации производства в связи с изменением рыночного спроса. В литературе не опубликовано никаких оценок таких затрат на реструктуризацию для производителей. Однако эти затраты должны быть небольшими с учетом того, что большинство производителей уже переключилось на производство других веществ, и с учетом повышенного рыночного спроса на альтернативные вещества из-за прекращения использования К-пентаБДЭ в регионах с наивысшим спросом на такие составы.

В оценку следует включать расходы, понесенные национальными правительствами в связи с деятельностью по регулированию, введению в действие и обеспечению соблюдения (в том числе по обращению с отходами). Некоторые данные этого типа были скомпилированы Канадой (Окружающая среда Канады, 2006 год). Общие затраты в развитых странах, в которых уже существует система мониторинга и контроля, вероятно, будут низкими, однако эти затраты могут оказаться значительными для развивающихся стран, не имеющих таких системы. С другой стороны, осуществление Стокгольмской конвенции требует, чтобы эти системы были созданы и, соответственно, дополнительные затраты по включению К-пентаБДЭ уменьшатся.

Кроме того, общество может понести некоторые конкретные затраты, когда такие материалы, как К-пентаБДЭ, будут удалены с рынка и придется решать связанные с этим проблемы отходов и загрязненных площадок. В этих случаях может применяться принцип "загрязнитель платит"¹, но на практике он применяется редко. Проблемы наследия, подобные тем, которые могут возникнуть в связи с присутствием пентаБДЭ в окружающей среде, часто возникают из-за того, что первоначальный "загрязнитель" во многих случаях не может быть определен или не занимается этим бизнесом. Принцип "загрязнитель платит", однако, может являться в этих случаях приемлемым подходом, но только тогда, когда первоначальный загрязнитель может быть определен и регулирующая основа соответствующей Стороны позволяет производить такие действия.

Сопоставление затрат и выгод

Учитывая выводы характеристики рисков (ЮНЕП, 2006) по К-пентаБДЭ, его широкую глобальную распространенность в биоте и у людей, принятые или принимаемые меры по поэтапному отказу от него в развитых и развивающихся странах и повышение спроса на альтернативы К-пентаБДЭ, последствия полного глобального отказа в целом скорее всего будут положительными. В принципе затраты на прекращение использования К-пентаБДЭ для развивающихся стран должны быть небольшими, как обсуждалось выше. Вместе с тем проблема специализированного обращения с отходами и их удаления применительно к К-пентаБДЭ (складские запасы и изделия) может оказаться дорогостоящим для некоторых стран и следует рассмотреть вопрос об оказании финансового и технического содействия развивающимся странам.

4. Обобщение информации

4.1 Резюме проведенной оценки

Коммерческий пентабромдифениловый эфир (К-пентаБДЭ) использовался главным образом в изготовлении эластичного пенополиуретана (ППУ) для мебели и обивки в домах и транспортных средствах, в качестве упаковочного материала, и в небольшой степени в полиуретанах (не в форме пеноматериала) в облицовочных материалах корпусов, а также в электрическом и электронном оборудовании (ЭЭО). До некоторой степени они также использовались для специальных применений в текстильной промышленности, а также использовались в различных других целях. Риски, которые это создает для здоровья человека и окружающей среды, были исследованы в приложении Е - Характеристика риска - принятым КРСОЗ в ноябре 2006 года.

Имеются национальные и международные нормы пожарной безопасности для некоторых групп продукции. Они применяются, например, к электрическим материалам, промышленным упаковкам, тканевой обивке мебели, занавескам, электронной бытовой технике и электрическим кабелям. Эти нормы определяют необходимые огнезащитные свойства. Традиционно бромированные огнезащитные составы считались

¹ Преамбула Стокгольмской конвенции: "вновь подтверждая Принцип 16 Рио-де-Жанейрской декларации по окружающей среде и развитию, который гласит, что национальные власти должны стремиться содействовать интернализации экологических издержек и использованию экономических средств, принимая во внимание подход, согласно которому загрязнитель должен, в принципе, покрывать издержки, связанные с загрязнением, должным образом учитывая общественные интересы и не нарушая международную торговлю и инвестирование".

наиболее эффективным с точки зрения затрат способом обеспечения огнестойкости многих видов изделий. Однако в некоторых случаях они заменяются не содержащими бром огнезащитными составами, или дизайн изделия изменен таким образом, что не существует необходимости по-прежнему использовать химические огнезащитные составы.

Как представляется, существуют подходящие альтернативы почти для всех видов использования К-пентаБДЭ. Однако некоторые из альтернативных веществ также опасны, и воздействие некоторых из них должным образом не исследовано. Тем не менее, предполагается, что в целом польза от прекращения использования К-пентаБДЭ превалирует над другими соображениями. Затраты на прекращение использования К-пентаБДЭ обычно считаются низкими, поскольку большинство развитых стран уже прекратило использование К-пентаБДЭ без особых проблем. Конкурентоспособные с точки зрения затрат альтернативы СОЗ имеются и они взяты компаниями в качестве замены К-пентаБДЭ в ППУ и электронном оборудовании.

4.2 Элементы стратегии регулирования рисков

Поскольку распространение бромдифениловых эфиров в окружающую среду является глобальной, трансграничной проблемой, то следует рассмотреть вопрос об определенных глобальных действиях в отношении прекращения производства и использования К-пентаБДЭ. Лучшим вариантом регулирования рисков будет охватывающее все сектора глобальное запрещение производства и использования К-пентаБДЭ. Включение К-пентаБДЭ в приложение А к Стокгольмской конвенции было бы наиболее целесообразной мерой с учетом того, что большинство развитых стран уже запретило его производство. В конечном счете, некоторые очень специальные случаи использования К-пентаБДЭ (военные самолеты, космические скафандры и т.п.), в которых альтернативы недостаточно эффективны и/или очень дорогостоящие, могут быть освобождены от запрещения на ограниченный по времени переходный период. Развитые страны имеют весь необходимый потенциал мониторинга и контроля, а также законодательные инструменты для обеспечения выполнения положений запрещения. Таким образом, с главной проблемой введения в действие столкнутся развивающиеся страны, которая будет заключаться в том, чтобы получить достаточный необходимый потенциал.

Несколько стран сообщают, что у них возникнут проблемы с регулированием коммерческой смеси, содержащей неоговоренные бромдифениловые эфиры. Перечисление отдельных аналогов будет отвечать цели существующего национального законодательства ряда стран в отношении компонентов К-пентаБДЭ, а также содействовать национальному мониторингу и контролю выбросов, производства и использования. Кроме того, всегда имеется возможность нахождения коммерческих путей для приобретения одного или другого компонента смеси, обходя таким образом любое запрещение, вызванное включением в список Конвенции К-пентаБДЭ. Большинство национальных регулирующих положений касаются конкретных соединений. Следовательно, будет более практичным вместо занесения в соответствии с Конвенцией в список коммерческой смеси К-пентаБДЭ занести в список основные компоненты смесей (БДЭ-47 и БДЭ-99) или включать в него все бромированные дифениловые эфиры с четырех- или пятивалентным бромом. Все смеси с одним из изомеров тетрабромдифенилового эфира (тетраБДЭ) или пентабромдифенилового эфира (пентаБДЭ) будут тогда охвачены условиями Конвенции, кроме тех случаев, когда они встречаются в весьма незначительных (следовых) количествах. В Конвенции могут устанавливаться нижние пределы в отношении этих внесенных в список веществ таким образом, чтобы смеси, содержащие концентрации ниже этих определенных уровней (следы, например), не охватывались.

Особой причиной включения в список уровень бронирования вместо включения в него коммерческой смеси состоит в том, что производство низкобромированных смесей ПБДЭ, не считая пентаБДЭ, производство которого было в добровольном порядке прекращено промышленностью, может снова возобновиться. Например, коммерческая смесь “тетрабромдифениловый эфир”, которая ранее использовалась в Японии, не будет охватываться запрещением, связанным с К-пентаБДЭ, если производители примут решение ее выпускать, но данный случай охватывал бы включение в соответствующий список конкретных аналогов.

В настоящее время К-октаБДЭ и декаБДЭ не содержат тетраБДЭ или пентаБДЭ, и поэтому предлагаемое включение в список бромированных огнезащитных средств с четырех-пятивалентным бромом не приведет ни к каким последствиям (Guardia *et al.* 2006 and EU 2002).

К-пентаБДЭ содержит до 12 процентов гексаБДЭ. Глобальная характеристика рисков К-октаБДЭ, который также содержит значительное количество гексаБДЭ, в настоящее время находится на рассмотрении Комитета. Если гексаБДЭ будет рассматриваться в качестве СОЗ, то одним из вариантов для К-пентаБДЭ будет включение бромированных огнезащитных составов с 4 до 6-валентного брома. Но это также будет иметь последствия для К-октаБДЭ, который еще не прошел оценки регулирования рисков, проводимой КРСОЗ.

Разработка руководящих материалов в отношении критериев выбора альтернатив К-пентаБДЭ должна быть частью стратегии регулирования рисков с целью ликвидации этого вещества. Важным будет препятствовать замене К-пентаБДЭ другими экологически вредными веществами.

Такое запрещение ликвидирует выбросы в процессе изготовления К-пентаБДЭ и содержащей его продукции. Это не повлияет на выделение К-пентаБДЭ из продукции, уже находящейся в использовании. Регенерация и повторное использование содержащей К-пентаБДЭ продукции не должно разрешаться, если это будет приводить к новому использованию изомеров тетраБДЭ или пентаБДЭ в качестве составляющих новой продукции, поскольку такая деятельность запрещена в соответствии со статьей 6 Конвенции. Регенерация и восстановление могут разрешаться, если новый продукт не будет содержать оговоренных изомеров тетраБДЭ и пентаБДЭ. Возможно, будет необходимо рассмотреть вопрос о введении дополнительных регулирующих положений при обработке продукции с целью восстановления ценных материалов, таких, как металлы, содержащиеся в ней, а также в отношении компонентов К-пентаБДЭ, непреднамеренно сброшенных в окружающую среду. Это будет представлять особую важность для регенерации электронных изделий, содержащих К-пентаБДЭ, и установок по измельчению, на которые поступает эта и другая продукция, например транспортные средства. Некоторые элементы в доле отходов могут сортироваться, но для большинства электронных приборов это не будет представлять практической ценности. Таким образом, новые регулирующие положения могут требовать установок устройств для контроля загрязнения воздуха на некоторых установках для сжигания отходов, а это будет являться дорогостоящим мероприятием. Однако в большинстве развитых стран уже введены другие ограничения, в соответствии с которыми требуется фильтрование отходящих газов из установок по регенерации и измельчению.

Следует рассмотреть о включении в приложение В бромированных дифениловых эфиров с четырех- или пятивалентным бромом с целью прекращения использования конкретных существующих продуктов, содержащих К-пентаБДЭ. Однако основной задачей будет являться сбор такое продукции, а это, скорее всего, вызовет трудности, которые войдут в противоречие с данной рекомендацией. Однако пункт с формулировкой в отношении попыток достичь этой цели мог бы быть добавлен в случае стран, в которых уже имеются системы регулирования рисков. Общие правила в отношении обращения с отходами Стокгольмской конвенции, конечно, будут применяться к К-пентаБДЭ, если в соответствующий список будут включены бромированные дифениловые эфиры с четырех- или пятивалентным бромом.

Содержащие К-пентаБДЭ отходы следует рассматривать в качестве опасных отходов. Это уже делается во многих частях региона ЕЭК ООН. В этой связи некоторые страны и секторы могут понести дополнительные издержки. Решения в отношении обращения с отходами должны в значительной степени зависеть от местных условий и подготавливаться таким образом, чтобы не нарушать существующей системы и традиций, принимая при этом во внимание общие правила Стокгольмской конвенции, включая общую директиву по обращению с отходами, содержащуюся в Базельской конвенции, которая включает в приложение VIII такие вещества, как ПХВ и полибромдифенилы, а также другие полибромированные аналоги.

Заключительное заявление

Настоящее заявление в отношении регулирования рисков было подготовлено в соответствии с содержанием, определенным в приложении F Конвенции и на основе характеристики рисков, принятой КРСОЗ в 2006 году (ЮНЕП 2006).

Имеющаяся информация по коммерческому пентаБДЭ включает данные лабораторных исследований, проведенных либо с коммерческими смесями, либо с конкретными аналогами, и данные мониторинга по разным сочетаниям аналогов. Помимо информации, подытоженной в характеристике рисков, в научной литературе содержится значительное число обзоров, отражающих токсичность данной совокупности химических веществ в целом.

Информация в ее нынешнем объеме охватывает некоторые из аналогов тетра- и пентаБДЭ и представляется как соответствующая типовой оценке (напр., Canton et al., 2006; Huwe et al., 2007), поскольку свойства, определяющие характеристики СОЗ и сопряженные с ними риски, схожи со свойствами исследованных аналогов. Следовательно, с учетом того, что:

- согласно данным существующих национальных законодательных органов, имеют место трудности с регулированием коммерческих смесей и правоприменением соответствующих нормативных положений;
- некоторые исследования охватывают все компоненты в смеси;
- мониторинг и исследования биоаккумуляции свидетельствуют о присутствии неизвестных пентаБДЭ (напр., Vigneau et al., 2006);
- отсутствует информация, указывающая на то, что некоторые аналоги в рамках данной совокупности не разделяют характеристик СОЗ, наблюдаемых в случае аналогов или смесей, по которым информация имеется; а также

- уровень потенциального риска, выявленный в характеристике рисков, указывает на то, что вызываемую обеспокоенность проблему нельзя ограничивать основными компонентами в смеси и, следовательно, включение в соответствующий перечень только БДЭ-47 и БДЭ-99 было бы недостаточным,

Комитет предлагает, что наилучшим подходом к включению химических веществ, рассмотренных в рамках характеристики рисков коммерческого пентаБДЭ, заключается в охвате всех полибромированных дифениловых эфиров с четырех- или пентавалентным бромом. Следует отметить, что это предложение основано на конкретном обзоре характеристик данной конкретной группы химических веществ и что этот подход не следует в типовом порядке распространять на другие совокупности химических веществ, в которых обнаружены значительные различия среди свойств тесно связанных гомологов, аналогов или изомеров.

В соответствии с пунктом 9 статьи 8 Конвенции, Комитет рекомендует Конференции Сторон рассмотреть вопрос о включении в приложение А к Конвенции 2,2', 4,4'- тетрабромдифенилового эфира (БДЭ-47, № КАС 40088-47-9) и 2,2',4,4',5- пентабромдифенилового эфира (БДЭ-99, № КАС 32534-81-9), а также других тетра- и пентабромдифениловых эфиров, присутствующих в К-пентаБДЭ, с использованием БДЭ-47 и БДЭ-99 в качестве маркеров для целей правоприменения, как это описано выше.

БИБЛИОГРАФИЯ

- Agrell, C., A. F. H. ter Schure, J. Sveder, A. Bokenstrand, P. Larsson and B. N. Zegers (2004). Polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) at a solid waste incineration plant. I: atmospheric concentrations. *Atmos. Environ.* 38, 5139-5148.
- Alaee, M., P. Arias, A. Sjødin and Å. Bergman (2003). An overview of commercially used brominated flame retardants, their applications, their use patterns in different countries/regions and possible modes of releases. *Env. Inter.* 29, 683-689.
- Ballschmiter, K., A. Mennel and J. Buyten (1993). Long-chain Alkyl Polysiloxanes as Non-Polar Stationary Phases in Capillary Gas Chromatography, *Fresenius' J. Anal. Chem.* 346: 396-402.
- Betts, K. (2006). PBDEs and PCBs in computers, cars, and homes. *Environ. Sci. Technol.* 40: 7452.
- BSEF (2007). Annex F Questionnaire Responses Submitted by the Bromine Science and Environment Forum (BSEF).
- BSEF (2001). Major brominated flame retardants volume estimates. Total market demand by region 2001. Bromine Science and Environment Forum 21 January 2001. www.bsef.com.
- Danish EPA (1999). Brominated flame retardants. Substance flow analysis and assessment of alternatives. www2.mst.dk/udgiv/Publications/1999/87-7909-416-3/html/kap04_eng.htm
- Daugherty, M.L. (1982). Chemical hazard information profile draft report: Melamine CAS No. 108-78-1. Office of Toxic Substances, US EPA.
- Danish EPA (1999). Brominated flame retardants. Substance flow analysis and assessment of alternatives. www2.mst.dk/udgiv/Publications/1999/87-7909-416-3/html/kap04_eng.htm
- Daugherty, M.L. (1982). Chemical hazard information profile draft report: Melamine CAS No. 108-78-1. Office of Toxic Substances, US EPA.
- Environment Canada (2006). Regulatory Impact Analysis Statement for proposed Polybrominated Diphenyl Ether Regulations. www.ec.gc.ca/CEPA/Registry/regulations/Detail/Reg.cfm?intReg=108.
- Environmental International Reporter (2006). Electronics firms worldwide pledge to meet EU Directive banning use of some chemicals. Vol. 29, No 5.
- European Union (2000). Risk Assessment of Diphenyl Ether, Pentabromo derivative (Pentabromodiphenyl ether). CAS Number: 32534-81-9, EINECS Number: 251-084-2. Final report of August 2000, Commissioner of the European Communities. Rapporteur: United Kingdom.
- European Union (2002). Risk Assessment. Report of bis(pentabromophenyl)ether. CAS Number: 1163-19-5, EINECS Number: 214-604-9. Final report. European Chemical Bureau. Volume 17. Appendix G.
- Fjeld, E., M. Schlabach, J. A. Berge, T. Eggen, P. Snilsberg, G. Källberg, S. Rognerud, A. Borgen and H. Gundersen (2003). Screening of selected new organic contaminants - brominated flame retardants, chlorinated paraffins, bisphenol A and triclosan. SFT-report 4809/2004.
- Fjeld, E., M. Schlabach, J. A. Berge, N. Green, T. Eggen, P. Snilsberg, C. Vogelsang, S. Rognerud, G. Kjellberg, E. K. Enge, C. A. Dye and H. Gundersen (2004). Screening of selected new organic contaminants 2004. Brominated flame retardants, alkylated substances, irganol, diuron, BHT and dicofol. SFT-report 927/2005.
- Freedonia Group Inc. (2005): World flame retardants. R154-1365. <http://www.mindbranch.com>
- Hale, R. C., M.J. La Guardia, E. Harvey and T.M. Mainor (2002). Potential role of fire retardant-treated polyurethane foam as a source of brominated diphenyl ethers to the US environment. *Chemosphere* 46: 729-735.
- Hazrati, S. and S. Harrad (2006). Causes of Variability in Concentrations of Polychlorinated Biphenyls and Polybrominated Diphenyl Ethers in Indoor Air. *Environ. Sci. Technol.* 40: 7584-7589.
- Law, R.J., C. R. Allchin, J. de Boer, A. Covaci, D. Herzke, P. Lepom, S. Morris, J. Tronczynski and C. A. de Wit (2005). Levels and Trends of Brominated Flame Retardants in European and Greenland Environments. *Chemosphere* 64: 187-208.
- Huwe J, Hakk H, Lorentzen M. 2007. Bioavailability and mass balance studies of a commercial pentabromodiphenyl ether mixture in male Sprague-Dawley rats. *Chemosphere*. 66:259-66.
- La Guardia, M.J., Hale R.C. and Harvey, E. (2006) Detailed Polybrominated Diphenyl Ether (PBDE) Congener Composition of the widely used Penta-, Octa- and Deca-PBDE Technical Flame-Retardant Mixtures. *Environ. Sci. Technol.* 40(20) : 6247-6254.

- Leisewitz, A., H. Kruse and E. Schramm (2000). German Federal Ministry of the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety, Substituting Environmentally Relevant Flame Retardants: Assessment Fundamentals. Research report 204 08 642 or 207 44 542.
- Morf, L.S., J. Tresp, R. Gloor, Y. Huber, M. Stengele and M. Zenegg (2005). Brominated flame retardants in waste electrical and electronic equipment: Substance flow in a recycling plant. *Environ. Sci. Technol.* 39, 8691-8699.
- Norwegian EPA (2003). Bruken av bromerte flammehemmere i produkter.
- Materialstrømsanalyse. (The use of brominated flame retardants in products. A material flow analysis) TA-1947/2003.
- OECD (2001): Report on Incineration of Products Containing Brominated Flame Retardants. [http://www.olis.oecd.org/olis/1997doc.nsf/LinkTo/env-epoc-wmp\(97\)4-REV3](http://www.olis.oecd.org/olis/1997doc.nsf/LinkTo/env-epoc-wmp(97)4-REV3)
- Peltola, J. and Yla-Mononen, L. (2001). Pentabromodiphenyl ether as a global POP. *TemaNord* 2001, vol. 579. Copenhagen: Nordic Council of Ministers; ISBN 92-893-0690-4: 78 pp.
- Prevedouros, K., K. C. Jones and A. J. Sweetman (2004). Estimation of the production, consumption, and atmospheric emissions of pentabrominated diphenyl ether in Europe between 1970 and 2000. *Environ. Sci. Technol.* 38, 3224-3231.
- Prevedouros, K., Jones, K.C., and Sweetman, A.J. (2004). Estimation of the Production, Consumption and Atmospheric Emissions of Pentabrominated Diphenyl Ethers in Europe Between 1970 and 2000. *Environ. Sci. Technol.* 38: 3224-3231.
- RPA (2000). Risk Reduction Strategy and Analysis of Advantages and Drawbacks for Pentabromodiphenyl Ether. Stage 4 Report. Risk & Policy Analysis Limited, London.
- SAICM Overarching Policy Strategy 14d, Global Plan of Action Activity 54, 55 (2002). www.chem.unep.ch/saicm%20texts/SAICM%20documents.htm.
- Shoeib, M., Harner, T., Ikonou, M. and Kannan, K. (2004). Indoor and Outdoor Concentrations and Phase Partitioning of Perfluoroalkyl Sulfonamides and Polybrominated Diphenyl Ethers. *Environ. Sci. Technol.* 38: 1313-1320.
- Stapleton, H.M., Dodder, N.G., Offenberg, J.H., Schantz, M.M. and Wise, S.A. 2005. Polybrominated Diphenyl Ethers in House Dust and Clothes Dryer Lint. *Environ. Sci. Technol.* 39: 925-931.
- Swiss Agency (2002). Environmentally hazardous substances: Selected polybrominated flame retardants, PBDE and TBBPA – Substance flow analysis. Environmental series No. 338.
- ter Schure, A.F.H., C. Agrell, A. Bokenstrand, J. Sveder, P. Larsson and B. N. Zegers (2004). Polybrominated diphenyl ethers at a solid waste incineration plant II: atmospheric deposition. *Atmos. Environ.* 38, 5149-5155.
- TNO (2005). Study of the effectiveness of the UNECE Persistent organic pollutants protocol and cost of possible additional measures. Phase I: Estimation of emission reduction resulting from the implementation of the POP protocol. R 2005/194.
- ЮНЕП (2006 год). Характеристика рисков: пентабромдифениловый эфир. Стокгольмская конвенция о стойких органических загрязнителях: Комитет по рассмотрению стойких органических загрязнителей. Второе совещание, Женева, 6-10 ноября 2006 года. UNEP/POPS/POPRC.2/17. Добавление 1.
- US EPA (2005). Future Flame Retardant Partnership: Environment Profiles of Chemical Flame-retardant Alternatives for Low Density Polyurethane Foam. Chemical Hazard Reviews, Vols. 1&2. www.epa.gov/dfe/pubs/flameret/ffr-alt.htm.
- Van der Goon, D., M. van het Bolscher, A.J.H. Visschedijk and P.Y.J. Zandveld (2005). Study of the effectiveness of the UNECE persistent organic pollutants protocol and cost of possible additional measures. Phase I: Estimation of emission reduction resulting from the implementation of the POP protocol. TNO-report 2005/194.
- Washington State (2006). Polybrominated Diphenyl Ether (PBDE) Chemical Action Plan: Draft Final Plan, December 1, 2005.
- Wilford, B.H., M. Shoeib, T. Harner, J. Zhu and Jones, K.C. (2005). Polybrominated Diphenyl Ethers in Indoor Dust in Ottawa, Canada: Implications for Sources and Exposure. *Environ. Sci. Technol.* 39(18): 7027-7035.