

Роттердамская конвенция

Функционирование процедуры предварительного обоснованного согласия в отношении запрещенных или строго ограниченных химических веществ

Документ для содействия принятию решения

Гексабромциклододекан



Секретариат Роттердамской конвенции о процедуре предварительного обоснованного согласия в отношении отдельных опасных химических веществ и пестицидов в международной торговле



Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций



Введение

Цель Роттердамской конвенции заключается в том, чтобы способствовать общей ответственности и совместным усилиям Сторон в международной торговле отдельными опасными химическими веществами в интересах охраны здоровья человека и окружающей среды от возможного пагубного воздействия, а также содействия их экологически обоснованному использованию, путем облегчения обмена информацией о свойствах веществ, обеспечения на национальном уровне процесса принятия решений, касающихся их импорта и экспорта, и путем распространения этих решений среди Сторон. Выполнение функций секретариата Конвенции совместно обеспечивается Программой Организации Объединенных Наций по окружающей среде (ЮНЕП) и Продовольственной и сельскохозяйственной организацией Объединенных Наций (ФАО).

К химическим веществам¹, возможно, подлежащим включению в предусмотренную Роттердамской конвенцией процедуру предварительного обоснованного согласия (ПОС), относятся вещества, которые запрещены или строго ограничены национальными регламентационными постановлениями, принятыми двумя или более Сторонами² в двух различных регионах. То или иное химическое вещество включается в процедуру ПОС на основании регламентационных постановлений, принятых Сторонами, которые отреагировали на риски, связанные с этим химическим веществом, путем его запрещения или строго ограничения. Возможно, существуют и иные способы регулирования или уменьшения таких рисков. Включение вещества в процедуру ПОС не означает, однако, что все Стороны Конвенции запретили или строго ограничили это вещество. По всем химическим веществам, включенным в приложение III к Роттердамской конвенции и попадающим под процедуру ПОС, Сторонам предлагается принять обоснованное решение о том, согласны они или нет на дальнейший импорт соответствующего химического вещества.

На своем девятом Совещании, состоявшемся в Женеве с 29 апреля по 10 мая 2019 года, Конференция Сторон приняла решение о включении гексабромциклододекана в приложение III к Конвенции и приняла документ для содействия принятию решения, в результате чего это химическое вещество стало подпадать под действие процедуры ПОС.

Настоящий документ для содействия принятию решения был препровожден назначенным национальным органам 16 сентября 2019 года в соответствии со статьями 7 и 10 Роттердамской конвенции.

Цель документа для содействия принятию решения

По каждому химическому веществу, включенному в приложение III к Роттердамской конвенции, имеется документ для содействия принятию решения, утвержденный Конференцией Сторон. Документы для содействия принятию решения направляются всем Сторонам с просьбой принять решение о дальнейшем импорте соответствующего химического вещества.

Подготовкой документов для содействия принятию решения занимается Комитет по рассмотрению химических веществ. Этот Комитет представляет собой группу назначенных правительствами экспертов, созданную в соответствии со статьей 18 Конвенции, которая оценивает предлагаемые химические вещества на предмет их возможного включения в приложение III к Конвенции. В документах для содействия принятию решения отражается информация, представленная двумя или более Сторонами в обоснование своих национальных регламентационных постановлений, запрещающих или строго ограничивающих данное химическое вещество. Эти документы не претендуют на то, чтобы служить единственным источником информации о каком-либо химическом веществе; после их принятия Конференцией Сторон они не обновляются и не пересматриваются.

Регламентационные постановления, запрещающие или строго ограничивающие то или иное химическое вещество, могут быть приняты также другими Сторонами; могут быть и такие Стороны, которые не подвергали данное вещество запрету или строгому ограничению. Оценки рисков или представленная Сторонами информация об альтернативных мерах по снижению рисков размещены на веб-сайте Роттердамской конвенции (www.pic.int).

В соответствии со статьей 14 Конвенции Стороны могут обмениваться научной, технической, экономической и правовой информацией, касающейся химических веществ, охватываемых Конвенцией, включая информацию токсикологического и экотоксикологического характера, а также информацию по вопросам

¹ Согласно Конвенции, термин «химическое вещество» означает вещество, которое существует самостоятельно или в смеси, или в составе препарата и изготовлено промышленным способом или получено естественным путем, но не содержит никаких живых организмов. Этот термин охватывает следующие категории: пестициды (включая особо опасные пестицидные составы) и промышленные химические вещества.

² Согласно Конвенции, термин «Сторона» означает государство или региональную организацию экономической интеграции, которые связаны обязательствами Конвенции и для которых эта Конвенция вступила в силу.

безопасности. Эта информация может предоставляться другим Сторонам непосредственно или через секретариат. Поступившая в секретариат информация размещается на веб-сайте Роттердамской конвенции.

Информацию о химическом веществе можно также получить из других источников.

Оговорка

Торговые наименования используются в настоящем документе прежде всего с целью облегчить правильную идентификацию химического вещества. Их использование не следует понимать как выражение какого бы то ни было одобрения или неодобрения в адрес той или иной конкретной компании. Поскольку в данный документ невозможно включить все употребляемые на сегодняшний день торговые наименования, в него вошли лишь некоторые из них, которые стали общепотребительными и были опубликованы в печати.

Хотя представленная информация считается достоверной исходя из данных, имевшихся на момент подготовки настоящего документа для содействия принятию решения, ФАО и ЮНЕП не несут никакой ответственности за возможные упущения и любые связанные с этим потенциальные последствия. Ни ФАО, ни ЮНЕП не несут ответственности за какой бы то ни было вред, утрату, убыток или ущерб, понесенный вследствие импорта или запрета на импорт данного химического вещества.

Применяемые в настоящей публикации обозначения и форма подачи материала не означают выражения какого бы то ни было мнения ФАО или ЮНЕП относительно правового статуса какой-либо страны, территории, города или района или их властей, а также делимитации их границ или рубежей.

Стандартный основной список аббревиатур³

СТАНДАРТНЫЙ ОСНОВНОЙ СПИСОК АББРЕВИАТУР	
<	меньше
≤	меньше или равно
>	больше
≥	больше или равно
мкг	микрограмм
мкм	микрометр
ФБА	фактор биоаккумуляции
ФБК	фактор биоконцентрации
мг	масса тела
НГКД	нижняя граница контрольной дозы
КР	контрольная реакция
°С	градусы Цельсия
КАС	Реферативная служба химических веществ
см	сантиметр
ДНК	дезоксирибонуклеиновая кислота
ПП ₅₀	период полураспада 50%
ДФЕ	Учет экологических факторов при проектировании (программа АООС США)
м.с.	масса сухого вещества
ЕСС	Европейские сообщества
ЭК ₅₀	медианная эффективная концентрация
ЕАХВ	Европейское агентство по химическим веществам
ЕЭС	Европейское экономическое сообщество
ГПС	газонаполненный полистирол
ЕС	Европейский союз
ФАО	Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций
г	грамм

³ Данный основной список следует брать за основу для ДСПР в отношении промышленных химикатов, пестицидов и особо опасных пестицидных составов. Его следует дополнять аббревиатурами, используемыми в отдельных ДСПР в отношении конкретных химических веществ. Определения и написание должны, насколько это возможно, следовать глоссарию токсикологических терминов ИЮПАК и глоссарию связанных с пестицидами терминов ИЮПАК в их актуальных редакциях. Как правило, желательно, чтобы акронимы, использованные в тексте только один раз, излагались в полной форме, а не включались в список сокращений.

СТАНДАРТНЫЙ ОСНОВНОЙ СПИСОК АББРЕВИАТУР

ч	час
ГБЦДД	гексабромциклододекан
МАИР	Международное агентство по изучению рака
МПХБ	Международная программа по химической безопасности
ИЮПАК	Международный союз теоретической и прикладной химии
к	кило- (x 1000)
кг	килограмм
л	литр
СК ₅₀	медианная смертельная концентрация
СД ₅₀	медианная смертельная доза
НУННВ	наименьший уровень, при котором наблюдается вредное воздействие
м.ж.	масса жидкого вещества
м	метр
мг	миллиграмм
мл	миллилитр
м.м.	молекулярная масса
ОВН	отсутствие воздействия при насыщении
нг	нанограмм
УННВВ	уровень, при котором не наблюдается вредное воздействие
КНЭ	концентрация, не дающая наблюдаемого эффекта
НКГТЬ	Национальная комиссия по вопросам гигиены труда и техники безопасности
ОЭСР	Организация экономического сотрудничества и развития
КРСОЗ	Комитет по рассмотрению стойких органических загрязнителей Стокгольмской конвенции
СИЗ	средства индивидуальной защиты
млн ⁻¹	миллионная доля (используется только для выражения концентрации пестицида в рационе подопытных животных. Во всех других контекстах используются единицы мг/кг или мг/л).
ТГ	тироидный гормон
ТСГ	тиреостимулирующий гормон
ЮНЕП	Программа Организации Объединенных Наций по окружающей среде
АООС США	Агентство по охране окружающей среды Соединенных Штатов Америки

СТАНДАРТНЫЙ ОСНОВНОЙ СПИСОК АББРЕВИАТУР

м./м.	в пересчете на массу
ВОЗ	Всемирная организация здравоохранения
м.	масса
м.с.в.	масса сырого вещества
ЭПС	экструдированный полистирол

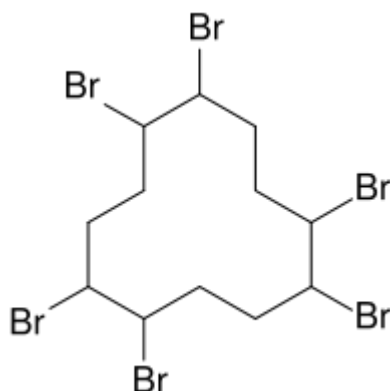
1. Удостоверяющие сведения и виды применения (подробнее см. в приложении 1)

Общепринятое наименование Гексабромциклододекан (ГБЦД)

Химическое наименование и другие наименования или синонимы Гексабромциклододекан
1,2,5,6,9,10-гексабромциклододекан

Молекулярная формула $C_{12}H_{18}Br_6$

Химическое строение



Номера КАС 25637-99-4: коммерческое вещество гексабромциклододекан (положения брома не уточняются)

3194-55-6: 1,2,5,6,9,10-гексабромциклододекан

134237-50-6: стереоизомер α -гексабромциклододекана

134237-51-7: стереоизомер β -гексабромциклододекана

134237-52-8: стереоизомер γ -гексабромциклододекана

**Таможенный код
Согласованной системы** 2903.89

Другие номера Номер ЕС 247-148-4, номер ЕС 221-695-9

Категория Промышленное

Регулируемая категория Промышленное химическое вещество

**Вид применения в
регулируемой категории** **Япония:**
антипирен

Норвегия:

гексабромциклододекан используется для производства антипиренового газонаполненного полистирола (ГПС) и экструдированного полистирола (ЭПС) для последующего применения в строительстве за рубежом.

Торговые наименования Циклододекан, гексабром; ГБЦД; Бромкал 73-6CD; Никкафаинон CG 1; Пайрогард F 800; Пайрогард SR 103; Пайрогард SR 103A; Пайроватекс 3887; «Грейт лейкс» CD-75P™; «Грейт лейкс» CD-75; «Грейт лейкс» CD75XF; «Грейт лейкс» CD75PC (прессованный); «Дед си бромайн груп граунд» FR

1206 I-LM; «Дед си бромайн груп стандард» FR 1206 I-LM; «Дед си бромайн груп компактед» FR 1206 I-CM.

(UNEP/FAO/RC/CRC.13/8, раздел 1.3 уведомления Норвегии. Также характеристика рисков КРСОЗ, раздел 1.1).

Перечень является примерным. Перечень не является исчерпывающим.

Виды составов

Не актуально.

Виды применения в других категориях

Япония и Норвегия:

Сообщения о применении в качестве пестицида отсутствуют.

Основные производители

«БАСФ корп.»

«Элбермейл корп.»

«Доу кемикал ко.»

Источник: TOXNET (<https://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search2/f?./temp/~jrwymS:1>)

Выше приведен примерный перечень имевшихся ранее и имеющихся в настоящее время производителей. Перечень не является исчерпывающим.

2. Основания для включения в процедуру ПОС

Гексабромциклододекан включен в процедуру ПОС как промышленное химическое вещество. Он включен на основе уведомлений об окончательных регламентационных постановлениях Японии и Норвегии, которые, соответственно, запрещают и строго ограничивают его применение в качестве промышленного химического вещества.

Не было представлено уведомлений об окончательных регламентационных постановлениях относительно применения гексабромциклододекана в качестве пестицида.

2.1 Окончательное регламентационное постановление (подробнее см. в приложении 2)

Япония:

Это химическое вещество отнесено к классу I – «Регламентируемые химические вещества». Запрещены изготовление, импорт или применение этого химического вещества. (UNEP/FAO/RC/CRC.13/8, разделы 2 и 2.2.1 уведомления Японии).

Основание: здоровье человека

Норвегия:

Правила, ограничивающие производство, импорт, экспорт и продажу потребительских товаров, содержащих гексабромциклододекан в объеме, превышающем определенные предельные значения.

На гексабромциклододекан распространяется действие главы 4 нормативного акта № 922 (июнь 2004 года), касающегося ограничений в отношении изготовления, импорта и поступления в оборот на рынке химических веществ и другой продукции, опасных для здоровья человека и для окружающей среды (товарный регламент). Это является имплементацией в законодательстве Норвегии Постановления (ЕС) № 850/2004 Европейского парламента и Совета по стойким органическим загрязнителям и имплементацией поправки к приложению I Постановления Европейской комиссии (ЕС) 2016/293 от 1 марта 2016 года. (UNEP/FAO/RC/CRC.13/8, разделы 2, 2.2.1 и 2.2.2 уведомления Норвегии).

Основание: здоровье человека и окружающая среда

2.2 Оценка рисков (подробнее см. в приложении 1)

Япония:

В уведомлении Японии указывается, что регламентационное постановление основано на оценке рисков или опасности, которая приводится вместе с предметным кратким изложением на английском языке, и также включается документ о характеристике рисков в отношении гексабромциклододекана, подготовленный Комитетом по рассмотрению стойких органических загрязнителей (КРСОЗ) Стокгольмской конвенции.

Если вещество включено в перечень в рамках Стокгольмской конвенции и представлено на рынке в Японии, то правительством Японии проводится оценка рисков в отношении этого вещества и потенциальных

связанных с ним рисков для обоснования регламентационных мер. Эта внутренняя оценка рисков вместе с документом о характеристике рисков в отношении гексабромциклододекана были представлены Японией в виде сопроводительной информации в документе UNEP/FAO/RC/CRC.13/INF/17/Rev.2. Было представлено краткое изложение на английском языке указанной оценки рисков вместе с оглавлением самой оценки рисков.

Внутренняя оценка рисков была основана на данных мониторинга за 2009-2012 финансовые годы и указывает на наличие ряда участков с высокой степенью опасности для окружающей среды, тогда как участков, где имеется опасность для здоровья человека, выявлено не было. Данная оценка рисков включала оценку опасности, оценку воздействия и расчет показателей риска на основе данных мониторинга, а также оценку воздействия и расчет показателей риска на основе сведений о поступлении в окружающую среду, рассчитанных исходя из данных о производстве.

В подготовленном КРСОЗ документе о характеристике рисков приводится проведенное в Японии исследование, по результатам которого установлено, что уровни содержания гексабромциклододекана в человеческом грудном молоке, как представляется, соответствуют рыночному потреблению гексабромциклододекана. В материнском молоке японок (возраст 25-29 лет) уровни гексабромциклододекана были ниже предела обнаружения во всех пробах, взятых за 10-летний период с 1973 года по 1983 год, но затем повысились после 1988 года.

В подготовленном КРСОЗ документе о характеристике рисков указывается, что обнаруженный в результате проводимых на животных исследованиях потенциал воздействия гексабромциклододекана на онтогенез и его нейротоксичный потенциал являются основаниями для обеспокоенности при рассмотрении рисков для здоровья человека, особенно внутриутробных плодов и малолетних детей. Эта обеспокоенность, наряду с данными мониторинга материнского молока и результатами других приводимых в документе о характеристике рисков исследований сыворотки пуповины, говорит о наличии некоторых рисков для внутриутробных плодов и малолетних детей в Японии. Несмотря на отсутствие количественной связи между показателями риска и приведенными уровнями воздействия, этот риск является актуальным с учетом наблюдаемых биоаккумуляции и биоусиления гексабромциклододекана.

Норвегия:

В уведомлении Норвегии указывается, что регламентационное постановление основано на оценке рисков или опасности и касается здоровья человека и окружающей среды. В уведомлении делается конкретная ссылка на проведенную Европейским союзом оценку рисков в отношении гексабромциклододекана. В тексте уведомления Норвегии кратко излагаются доказательства воздействия на потребителей в Норвегии, выявления в окружающей среде (в том числе в отдаленных районах Арктики), биоте, рыбе, лишайнике, желточном мешке вылупившихся птенцов. Отмечаются определенные временные тенденции.

В составе сопроводительной информации от Норвегии приводятся показатели опасности, источником которых является доклад Агентства по охране окружающей среды Соединенных Штатов Америки от 2014 года «Антипиреновые альтернативы гексабромциклододекану (ГБЦД)». Высокий или крайне высокий уровень опасности указывается для воздействия на онтогенез, острой токсичности в водной среде и хронической токсичности в водной среде. Гексабромциклододекан обладает высокой стойкостью и способностью к биоаккумуляции.

3. Меры защиты, применявшиеся в отношении данного химического вещества

3.1 Регламентационные меры по сокращению воздействия

Япония: Регламентационное постановление, уведомление о котором было представлено Японией, запрещает изготовление, импорт и применение гексабромциклододекана. Виды применения, на которые не распространяется данный запрет, отсутствуют. Регламентационное постановление вступило в силу 1 мая 2014 года. (UNEP/FAO/RC/CRC.13/8, разделы 2.2 и 2.3 уведомления Японии).

Норвегия: Регламентационное постановление, уведомление о котором было представлено Норвегией, строго ограничивает производство, импорт, экспорт и продажу потребительских товаров, содержащих гексабромциклододекан в объеме, превышающем определенные предельные значения.

Запрещены изготовление, импорт, экспорт, размещение на рынке и применение веществ, содержащих гексабромциклододекан (номера КАС 25637-99-4, 3194-55-6, 134237-50-6, 134237-51-7, 134237-52-8) в объеме 0,01 процента (по весу) или более.

Запрещены изготовление, импорт, экспорт и размещение на рынке продукции или антипиреновых деталей продукции, содержащих гексабромциклододекан (номер КАС 25637-

99-4, 3194-55-6, 134237-50-6, 134237-51-7, 134237-52-8) в объеме 0,01 процента (по весу) или более.

Применение гексабромциклододекана, отдельно или в составе смесей, для производства изделий из газонаполненного полистирола и производство и размещение на рынке гексабромциклододекана для такого вида применения допускаются при условии, что такое применение было разрешено в соответствии с разделом VII Регламента (ЕС) № 1907/2006 Европейского парламента и Совета или является предметом заявки на выдачу разрешения, представленной 21 февраля 2014 года, в тех случаях, когда решение по этой заявке еще не принято.

Размещение на рынке и применение гексабромциклододекана, отдельно или в составе смесей, в соответствии с настоящим пунктом допускается лишь до 26 ноября 2019 года или, если это произойдет раньше, даты истечения периода обзора, указанного в решении о выдаче разрешения, или даты отзыва этого разрешения в соответствии с разделом VII Регламента (ЕС) № 1907/2006.

(UNEP/FAO/RC/CRC.13/8, разделы 2.2 и 2.3 уведомления Норвегии)

3.2 Другие меры по сокращению воздействия

Конвенция ОСПАР

Гексабромциклододекан как вещество, входящее в группу бромированных антипиренов, включен в Перечень веществ, требующих безотлагательных действий, который содержится в Конвенции о защите морской среды Северо-Восточной Атлантики (Конвенция ОСПАР). Конвенция ОСПАР объединяет представителей правительств 15 Договаривающихся Сторон и Европейского союза.

(UNEP/FAO/RC/CRC.13/INF/17/Rev.2, раздел 1.4 характеристики рисков КРСОЗ)

Стокгольмская конвенция о стойких органических загрязнителях

Гексабромциклододекан включен в приложение А (ликвидация) Стокгольмской конвенции о стойких органических загрязнителях (решение СК-6/13). Существуют конкретные исключения в отношении производства и применения гексабромциклододекана в составе газонаполненного полистирола и экструдированного полистирола в зданиях. Стороны Стокгольмской конвенции, которые зарегистрировали исключение в отношении производства и/или применения, также соглашаются в соответствии со статьей 4 принимать необходимые меры для обеспечения того, чтобы содержащие гексабромциклододекан газонаполненный полистирол и экструдированный полистирол можно было легко идентифицировать путем маркировки или иными способами на протяжении всего их жизненного цикла, в тех случаях, когда они разрешают производство и применение гексабромциклододекана в составе газонаполненного полистирола и экструдированного полистирола в зданиях.

(решение СК-6/13: Включение гексабромциклододекана. <http://chm.pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-COP.6-SC-6-13.English.pdf>)

3.3 Альтернативы

Перед рассмотрением в той или иной стране заменяющих данное вещество альтернатив важно убедиться, что их применение согласуется с национальными потребностями и предполагаемыми местными условиями применения. Должна быть также проведена оценка того, насколько опасными являются материалы-заменители и какие меры регулирования необходимы для их безопасного применения.

Япония:

Япония не представила информацию об альтернативах гексабромциклододекану (UNEP/FAO/RC/CRC.13/8, раздел 2.5.3.2 уведомления Японии).

Норвегия:


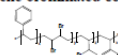
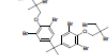
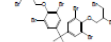
Была представлена ссылка на документ АООС США: «Антипиреновые альтернативы гексабромциклододекану. Итоговый доклад, июнь 2014 года» (UNEP/FAO/RC/CRC.13/8, раздел 2.5.3.2 уведомления Норвегии). В этом докладе содержится информация об используемом в качестве антипирена гексабромциклододекане в теплоизоляции зданий полистиролом, возможных заменителях и альтернативных материалах. Доклад был подготовлен Агентством по охране окружающей среды США с использованием материалов партнерства заинтересованных сторон, представляющих деловые, правительственные, научные круги и природоохранные организации. Согласно техническим экспертам этого партнерства, в период с 2011 по 2014 годы имелось только три эффективных антипиреновых альтернативы ГБЦД для применения в

газонаполненном и экструдированном пенополистироле (ГПС и ЭПС) для теплоизоляции в рамках современных производственных процессов. Также имеются альтернативные материалы в качестве заменителей теплоизоляционных материалов, содержащих ГБЦД. Для удовлетворения требований противопожарной безопасности при применении этих альтернатив могут потребоваться присадки антипиренов или другие виды обработки. Ниже воспроизводится раздел «Результаты» этого сопроводительного документа:

Результаты

Члены партнерства выявили множество химических веществ в качестве потенциальных альтернатив; однако в качестве эффективных альтернатив гексабромциклододекану в составе пены ГПС и ЭПС были выявлены только три химических вещества: бромированный сополимер бутадиен-стирола (КАС рег. № 1195978-93-8), бромированное эфирное производное соединения тетрабромобисфенола-А (ТББФА)-бис (КАС рег. № 97416-84-7) и эфир ТББФА-бис (2,3-дибромпропил) (КАС рег. № 21850-44-2). Для оценки в настоящем докладе были выявлены только три альтернативы, поскольку антипирены для пены ГПС и ЭПС должны позволять материалу соответствовать правилам противопожарной безопасности без ущерба для эффективности пены. Все три альтернативы являются бромированными. Не известно ни о каких небромированных антипиренах, совместимых в процессе изготовления полистирола и соответствующих испытаниях пламенем. На диаграмме ES-1 приводится краткая информация об опасности гексабромциклододекана и трех оцениваемых альтернатив. (На диаграмме ES-1 указано, были ли конечные показатели присвоены на основе эмпирических данных или значений, полученных с помощью моделей прогнозирования, и/или мнений специалистов. Перечисленные в диаграмме ES-1 оговорки также должны приниматься во внимание при толковании приведенной в таблице информации). Для бромированного эфирного производного соединения ТББФА-бис имелся небольшой объем экспериментальных данных, поэтому расчетные показатели опасности были определены с использованием эфира ТББФА-бис (2,3-дибромпропила) (КАС рег. № 21850-44-2) как аналога.

ES-1 Hazard Summary for HBCD and Alternatives

Chemical	CASRN	Human Health Effects											Aquatic Toxicity		Environmental Fate		
		Acute Toxicity	Carcinogenicity	Genotoxicity	Reproductive	Developmental	Neurological	Repeated Dose	Skin Sensitization	Respiratory Sensitization ¹	Eye Irritation	Dermal Irritation	Acute	Chronic	Persistence	Bioaccumulation	
Hexabromocyclododecane (HBCD) 	25637-99-4; 3194-55-6	L	M	L	M	H	M	M	L			VL	VL	VH	VH	H	VH
Butadiene styrene brominated copolymer [§] 	1195978-93-8	L	L	L	L	L	L	L ^d	L			M	L	L	L	VH	L
TBBPA-bis brominated ether derivative [¶] 	97416-84-7	L [§]	M [§]	M [§]	M [§]	M [§]	L	M [§]	L [§]			L	L	L	L	H	H
TBBPA bis(2,3-dibromopropyl) ether [¶] 	21850-44-2	L	M	M	M	M	L	M	L			L	L	L	L	VH	H

¹ At this time, there are no standard test methods for respiratory sensitization and no test data; as a result there was no designation for this endpoint.

Перевод таблицы

ES-1 Hazard Summary for HBCD and alternatives	ES-1 Краткая информация об опасности ГБЦД и альтернатив
VL = Very Low hazard	КН = крайне низкая опасность
L = Low hazard	Н = низкая опасность
M = Moderate hazard	У = умеренная опасность
H = High hazard	В = высокая опасность

VH = Very High hazard	KB = крайне высокая опасность
Endpoints in coloured text (VL, L, M, H and VH) were assigned based on empirical data. Endpoints in black italics (<i>VL, L, M, H and VH</i>) were assigned using values from predictive models and/or professional judgment.	Показатели, выделенные цветом (KH, H, У, В и KB), были присвоены на основе эмпирических данных. Показатели, выделенные черным курсивом (<i>KH, H, У, В и KB</i>), были присвоены с использованием значений, полученных с помощью моделей прогнозирования, и/или мнений специалистов.
This table contains hazard information for each chemical; evaluation of risk considers both hazard and exposure. Variations in end-of-life processes or degradation and combustion by-products are discussed in the report but not addressed directly in the hazard profiles. The caveats listed below must be taken into account when interpreting the information in the table.	В данной таблице содержится информация об опасности по каждому химическому веществу; при оценке риска учитываются как опасность, так и воздействие. Различия в процессах по окончании срока службы или побочные продукты разложения и горения обсуждаются в докладе, но не затрагиваются напрямую в характеристиках опасности. Нижеперечисленные оговорки должны приниматься во внимание при толковании приведенной в таблице информации.
<i>d</i> This hazard designation would be assigned MODERATE for a potential for lung overloading if >5% of the particles are in the respirable range as a result of dust forming operations.	<i>d</i> Этот показатель опасности будет УМЕРЕННЫМ в отношении потенциала перегрузки легких, если >5% твердых частиц находятся в респираторных размерах в результате деятельности, приводящей к образованию пыли.
§ Based on analogy to experimental data for a structurally similar compound.	§ На основе аналогии с экспериментальными данными для сходного в структурном отношении состава.
¥ Aquatic toxicity: EPA/DfE criteria are based in large part upon water column exposures which may not be adequate for poorly soluble substances such as many flame retardants that may partition to sediment and particulates.	¥ Токсичность в водной среде: критерии АООС/ДФЕ в значительной мере основаны на воздействии в водной толще, которое может быть неприменимо для труднорастворимых веществ, таких, как многие антипирены, которые могут разделяться на осадок и твердые частицы.
Chemical For full chemical name and relevant trade names see the hazard profiles in Section 4.8	Химическое вещество Полное название химического вещества и соответствующие торговые наименования содержатся в характеристиках опасности в разделе 4.8
Hexabromcyclododecane (HBCD)	Гексабромциклододекан (ГБЦД)
Butadiene styrene brominated copolymer	Бромированный сополимер бутадиен-стирола
TBBPA-bis brominated ether derivative	Бромированное эфирное производное соединение ТББФА-бис
TBBPA bis(2,3-dibromopropyl) ether	ТББФА-бис (2,3-дибромпропил) эфир
CASRN	КАС рег. №
Human Health Effects	Воздействие на здоровье человека
Aquatic Toxicity	Токсичность в водной среде
Environmental Fate	Поведение в окружающей среде
Acute Toxicity	Острая токсичность
Carcinogenicity	Канцерогенность
Genotoxicity	Генотоксичность
Reproductive	Репродуктивная токсичность
Developmental	Онтогенетическая токсичность
Neurological	Нейротоксичность
Repeated Dose	Токсичность многократных доз
Skin Sensitization	Кожная сенсibilизация
Respiratory Sensitization	Респираторная сенсibilизация

Eye Irritation	Раздражение глаз
Dermal Irritation	Раздражение кожи
Acute	Острая
Chronic	Хроническая
Persistence	Стойкость
Bioaccumulation	Биоаккумуляция
At this time, there are no standard test methods for respiratory sensitization and no test data; as a result there was no designation for this endpoint.	В настоящее время стандартные методы испытаний и данные испытаний в отношении респираторной сенсибилизации отсутствуют; в результате этого данному критерию не был присвоен показатель опасности.

Конечные показатели здоровья человека, подвергшиеся оценке в ходе проведенной в рамках программы «Учет экологических факторов при проектировании» (ДФЕ) оценки альтернатив, включают острую токсичность, канцерогенность, генотоксичность, репродуктивную токсичность, онтогенетическую токсичность, нейротоксичность, токсичность многократных доз, кожную сенсибилизацию, респираторную сенсибилизацию, раздражение глаз и раздражение кожи. Гексабромциклододекану присвоен «высокий» показатель опасности в отношении онтогенетической нейротоксичности, «умеренный» показатель опасности в отношении репродуктивной токсичности и токсичности многократных доз и расчетный «умеренный» показатель опасности в отношении канцерогенности и нейротоксичности; в отношении других конечных показателей здоровья присвоены «низкий» или «крайне низкий» показатели опасности. Бромированный сополимер бутадиен-стирола имеет «низкие» показатели опасности (измеренные или расчетные) в отношении большинства конечных показателей здоровья человека в связи с его высокой молекулярной массой и ограниченными возможностями абсорбции; на основе экспериментальных данных был присвоен один «умеренный» показатель опасности в отношении конечного показателя «раздражение глаз». Бромированное эфирное производное соединения ТББФА-бис и эфир ТББФА-бис (2,3-дибромпропил) имеют «умеренный» показатель опасности в отношении канцерогенности, мутагенности, репродуктивной токсичности, онтогенетической нейротоксичности и токсичности многократных доз на основе потенциальных алкилирующих свойств. Этим аналогичным веществам были присвоены «низкие» показатели опасности в отношении острой токсичности, нейротоксичности, кожной сенсибилизации и раздражения.

Конечные показатели экотоксичности, подвергшиеся оценке в ходе оценки альтернатив ДФЕ, включают острую и хроническую токсичность в водной среде. Гексабромциклододекан токсичен для водной среды и имеет «крайне высокий» показатель опасности в отношении острой и хронической токсичности в водной среде. Показатель токсичности в водной среде трех альтернатив «низкий» за счет отсутствия их поддающейся оценке растворимости в воде, что обуславливает «отсутствие воздействия при насыщении». Данные об экотоксичности для наземных видов были ограниченными, и, таким образом, потенциал воздействия гексабромциклододекана и его альтернатив и связанных с ними продуктов разложения на высоких трофических уровнях и на дикую фауну суши не определен.

Поведение гексабромциклододекана и трех альтернатив в окружающей среде описывается главным образом с точки зрения стойкости и потенциала биоаккумуляции. Все три химических вещества имеют «высокие» или «крайне высокие» показатели стойкости – качество, характерное для большинства антипиренов. Поведение трех альтернатив в окружающей среде в долгосрочной перспективе изучено слабо. Бромированный сополимер бутадиен-стирола, по оценкам, обладает «низким» потенциалом биоаккумуляции вследствие его размеров (средняя м.м. > 1000 дальтонов) и отсутствия компонентов с низкой молекулярной массой, а гексабромциклододекан, бромированное производное соединения ТББФА-бис и эфир ТББФА-бис (2,3-дибромпропил) имеют «крайне высокий», «высокий» и «высокий» потенциал биоаккумуляции.

В условиях, когда происходит пожар или сжигание, галогенизированное вещество может способствовать формированию галогенизированного дибензодиоксина и дибензофурана, увеличению образования полиароматических углеводородов и воздействовать на такие характеристики огня, как дым и монооксид углерода (Sidhu, Morgan et al. 2013). Однако реакции горения являются сложными и разнообразными и затрудняют включение в оценку опасности побочных продуктов сгорания. Как галогенизированные, так и негалогенизированные антипирены могут быть источником других токсичных побочных продуктов, которые необходимо будет сравнить, а не только галогенизированных диоксинов и фуранов. По этим причинам продукты пиролизного преобразования в данном докладе не оцениваются.

В дополнение к оценке химической опасности гексабромциклододекана и его альтернатив в главе 5 доклада содержится общая информация об альтернативных теплоизоляционных материалах. Эти технологии включают альтернативы в виде жестких плит (например, аналогичных ГПС и ЭПС), альтернативы для

некоторых функциональных видов применения (например, рулонная теплоизоляция, литая теплоизоляция) и специальные и новые альтернативные материалы (например, аэрогель, углеродная пена). В данном докладе не дается оценка этих материалов, их сравнение с ГПС или ЭПС, и не дается оценка потребностей в огнестойкости для каждого из этих материалов.

(UNEP/FAO/RC/CRC.13/INF/18)

Общие положения:

Комитет по рассмотрению СОЗ Стокгольмской конвенции провел оценку альтернатив гексабромциклододекана во время осуществляемого согласно приложению F (оценка регулирования рисков) этапа рассмотрения гексабромциклододекана в качестве возможного СОЗ. Эта информация содержится в документе, озаглавленном «Дополнительная информация об альтернативах гексабромциклододекану и его применению при производстве газонаполненного полистирола (ГПС) и экструдированного полистирола (ЭПС)» (UNEP/POPS/POPRC.8/16/Add.3), который размещен в сети Интернет по ссылке: <http://chm.pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC.8-16-Add.3.English.pdf>.

3.4 Социально-экономические последствия

Япония:

Япония не представила информацию о социально-экономических последствиях данного регламентационного постановления (UNEP/FAO/RC/CRC.13/8, раздел 2.5.3.1 уведомления Японии).

Норвегия:

Гексабромциклододекан, как правило, не используется при производстве газонаполненного полистирола или экструдированного полистирола для строительства зданий/сооружений в Норвегии. Поскольку эти виды применения гексабромциклододекана являются основными, данное окончательное регламентационное постановление, как ожидается, будет иметь незначительные социально-экономические последствия.

(UNEP/FAO/RC/CRC.13/8, раздел 2.5.3.1 уведомления Норвегии).

4. Опасность и риск для здоровья человека и окружающей среды

4.1 Классификация опасности

ВОЗ/МПХБ	Нет данных.
МАИР	Нет данных.
Европейский союз	Классификация ЕС в соответствии с постановлением (ЕС) № 1272/2008 о классификации, маркировке и упаковке веществ и смесей: Репр. 2, H361 (предположительно отрицательно сказывается на фертильности или вредит здоровью ребенка во чреве матери) Лакт., H362 (может быть вреден детям, находящимся на грудном вскармливании) (UNEP/FAO/RC/CRC.13/8, раздел 3.1 уведомления Норвегии)
АООС США	Нет данных.

4.2 Предельные уровни воздействия

Не имеется исследований, устанавливающих объем допустимого суточного поступления в организм человека.

Существует несколько исследований, посвященных вопросу воздействия гексабромциклододекана на репродуктивную функцию. Saegusa et al. (2009) провели исследование влияния токсичности на развитие одного поколения крыс, в ходе которого беременным самкам крыс давали корм, содержащий 0, 100, 1000 или 10 000 млн⁻¹ гексабромциклододекана с десятого дня беременности до отлучения детенышей от матки. НУННВ в данном исследовании составляет 1000 млн⁻¹ (81-213 мг/кг/сутки), а УННВВ – 100 млн⁻¹ (8-21 мг/кг/сутки). Исследование непрерывного воздействия в течение долгого времени, проведенное van der Ven et al. (2009), показывает, что половые органы самцов особенно чувствительны к воздействию гексабромциклододекана, т.е. у самцов F1 наблюдалось снижение веса яичек при НГКД 52 мкг/г мт. Было также отмечено снижение веса других органов самцов: предстательной железы, надпочечников, сердца и мозга, а также общего веса самцов F1. Наблюдаемая потеря массы тела не позволяет сказать, является ли любое из этих воздействий на вес органов специфичным или вторичным по отношению к общей потере массы тела. У самок активность фермента цитохрома P450 19 при средних значениях в группе

соответствовала внутренней концентрации γ -гексабромциклододекана (линейный коэффициент корреляции 0,90). Фермент цитохром P450 19 преобразует андрогены в эстрогены (Notris 2006) и играет важную роль в дифференциации и развитии гонад и мозга высших позвоночных животных, поддержании физиологического состояния репродуктивных тканей и в сексуальном поведении (Conley и Hinshelwood, 2001, Simpson et al 2002). У самок задерживалось также время открытия влагалища, но только при максимальной дозе (НГКД 82,2 мкг/г мт при контрольной реакции (КР) 10 процентов).

(UNEP/FAO/RC/CRC.13/INF/17/Rev.2, раздел 2.4.4 характеристики рисков КРСОЗ)

4.3 Упаковка и маркировка	
Комитет экспертов Организации Объединенных Наций по перевозке опасных грузов классифицирует данное химическое вещество следующим образом:	
Класс опасности и группа упаковки:	Номер ООН: 3077 Надлежащее отгрузочное наименование и описание: гексабромциклододекан, вещество, представляющее опасность для окружающей среды, твердый, иначе не указано. Химическое наименование: гексабромциклододекан Класс: 9 Классификационный код: M7 Группа упаковки: III Маркировки: 9 Примечания: идентификационный номер опасности: 90 (Руководство ЕАХВ по безопасному использованию – гексабромциклододекан)
Международный кодекс морской перевозки опасных грузов (МКМПОГ)	Номер ООН: 3077 Надлежащее отгрузочное наименование и описание: гексабромциклододекан, вещество, представляющее опасность для окружающей среды, твердый, иначе не указано. Химическое наименование: гексабромциклододекан Класс: 9 Группа упаковки: III Номер плана для аварийной ситуации 1: F-A Номер плана для аварийной ситуации 2: S-F Маркировки: 9 Вещество, загрязняющее морскую среду: да (ПП) (Руководство ЕАХВ по безопасному использованию – гексабромциклододекан)
Аварийная карточка при транспортировке	Нет данных.

4.4 Первая помощь

ПРИМЕЧАНИЕ: нижеизложенные рекомендации основаны на информации, полученной от Всемирной организации здравоохранения и уведомляющих стран, и являются верными на момент опубликования. Эти рекомендации приводятся лишь для сведения и не претендуют на то, чтобы заменять собой какие-либо национальные инструкции по оказанию первой помощи.

Общие положения: при плохом самочувствии обратиться за медицинской помощью (по возможности показать эту информацию или маркировку емкости). Если пострадавший потерял сознание, не вводить ничего перорально.

Вдыхание: вынести пострадавшего на свежий воздух, незамедлительно обратиться за медицинской помощью.

Попадание на кожу: снять зараженную одежду, полностью отмыть одежду, перед повторным использованием одежды убедиться, что загрязнение полностью удалено. Тщательно промыть кожу водой с мылом в течение не менее 15 минут. При раздражении кожи незамедлительно обратиться за медицинской помощью.

Попадание в глаза: раздвинуть веки и промыть глаза большим количеством воды в течение не менее 15 минут. Обратиться за медицинской помощью.

Попадание внутрь организма: если объект находится в сознании, прополоскать рот водой и дать объекту 1-2 стакана воды, незамедлительно обратиться за медицинской помощью.

	Меры предосторожности	Первая помощь
Вдыхание	Использовать вентиляцию. Использовать местную вытяжную вентиляцию.	Свежий воздух, покой.
Попадание на кожу	Защитные перчатки. Защитная одежда.	Промыть кожу большим количеством воды или принять душ.
Попадание в глаза	Пользоваться защитными очками.	Вначале промыть глаза большим количеством воды в течение нескольких минут (снять контактные линзы, если они легко удаляются), затем обратиться за медицинской помощью.
Попадание внутрь организма	Не принимать пищу, не пить и не курить во время работы. Вымыть руки перед едой.	Прополоскать рот.

МПХБ (2001 год): международная карта химической безопасности (МКХБ) 1413.

4.5 Регулирование отходов

Технические руководящие принципы экологически обоснованного регулирования отходов, состоящих из гексабромциклододекана, содержащих его или загрязненных им:

- Наилучшие методы регулирования пенополистирола, применяемого при строительстве зданий и сооружений, по окончании срока его службы (Европейский совет химической промышленности (ЕСХП) и Ассоциация производителей пластмасс в Европе, 2014 год);
- Переработка по окончании срока службы изоляционного пенополистирола, содержащего ГБЦД: крупномасштабная демонстрация переработки газонаполненного пенополистирола (ГПС) и экструдированного пенополистирола (ЭПС), содержащих гексабромциклододекан (ГБЦД) в качестве антипирена, путем совместного сжигания в установке для сжигания коммунально-бытовых твердых отходов в Вюрцбурге. Краткий технический отчет (Ассоциация производителей пластмасс в Европе, 2015 год);
- ГБЦД гексабромциклододекан в пенополистироле: оценка безопасности продукции, издание 2016 года.

Источник: отходы, содержащие СОЗ, которые охватываются Базельской конвенцией; дополнительные ресурсы

УДАЛЕНИЕ: удалять опасные отходы в соответствии с местными, региональными и национальными правилами. Удалять отходы на утвержденных объектах по удалению отходов.

Источник: Руководство ЕАХВ по безопасному использованию – гексабромциклододекан

Приложения

- Приложение 1 **Дополнительная информация о веществе**
- Приложение 2 **Подробные сведения о представленных окончательных регламентационных постановлениях**
- Приложение 3 **Адреса назначенных национальных органов**
- Приложение 4 **Литература**

Введение к приложению I

Информация, представленная в настоящем приложении, отражает выводы двух уведомляющих Сторон – Японии и Норвегии. По возможности, представленная этими Сторонами информация об опасности представляется параллельно, в то время как оценки рисков, относящиеся к конкретным преобладающим условиям в каждой из Сторон, представляются отдельно. Эта информация взята из документов, ссылки на которые приведены в уведомлениях, содержащих обоснование окончательных регламентационных постановлений в отношении гексабромциклододекана.

Уведомления Японии и Норвегии были впервые упомянуты в Циркуляре ПОС XLIV от 12 декабря 2016 года.

1. Идентификационные данные и физико-химические свойства		
1.1	Идентификационные данные	Гексабромциклододекан и 1,2,5,6,9,10-гексабромциклододекан (UNEP/FAO/RC/CRC.13/INF/17/Rev.2, характеристика рисков КРСОЗ)
1.2	Формула	$C_{12}H_{18}Br_6$ (UNEP/FAO/RC/CRC.13/INF/17/Rev.2, характеристика рисков КРСОЗ)
1.3	Цвет и текстура	Белое, без запаха, твердое (UNEP/FAO/RC/CRC.13/INF/17/Rev.2, характеристика рисков КРСОЗ)
1.4	Температура разложения	Разлагается при $>190^{\circ}C$ (UNEP/FAO/RC/CRC.13/INF/17/Rev.2, характеристика рисков КРСОЗ)
1.6	Плотность (г/см³)	2,38 «Элбермейл корпорейшн» (1994) 2,24 «Грейт лейкс кемикал корпорейшн» (1994) (UNEP/FAO/RC/CRC.13/INF/17/Rev.2, характеристика рисков КРСОЗ)
1.7	Кислотостойкость	Нет данных.
1.8	Щелочестойкость	Нет данных.
1.9	Прочность на разрыв (103 кг/см²)	Нет данных.
2. Токсикологические свойства		
2.1	Общие положения	
2.1.1	Способ действия	Недавние исследования с использованием моделей рыб показывают, что гексабромциклододекан может вызывать окислительный стресс и апоптоз. (UNEP/FAO/RC/CRC.13/INF/17/Rev.2, раздел 2.4.1 характеристики рисков КРСОЗ)
2.1.2	Симптомы отравления	Нет данных.
2.1.3	Всасывание, распределение, выведение и метаболизм у млекопитающих	<u>Всасывание:</u> Уровни перорального поглощения гексабромциклододекана людьми в основном неизвестны (ЕСНА 2008а). Оценки показывают, что поглощение гексабромциклододекана таким путем колеблется от 50 до 100 процентов (ЕСНА 2008а, European Union 2008). Согласно расчетам, произведенным ЕС в ходе оценки риска (European Commission 2008), через материнское молоко гексабромциклододекан поглощается в объеме 1,5 нг/кг мт в сутки младенцами в возрасте 0-3 месяцев и 5,6 нг/кг мт в сутки младенцами в возрасте 3-12 месяцев. Однако, используя данные об уровнях гексабромциклододекана, обнаруженных в материнском молоке в некоторых районах на севере Испании (Ла-Корунья), Eljarrat et al. 2008 рассчитали, что поглощение гексабромциклододекана одномесячными младенцами составляет 175 нг/кг мт в сутки. Это в 12 раз выше, чем расчетная суточная доза (РСД) для младенцев в возрасте 0-3 месяцев, определенная в оценке рисков ЕС (European Union 2008), и в 25-1458 раз выше, чем РСД для взрослых в Швеции, Нидерландах, Соединенном Королевстве и Норвегии (КЕМИ, 2009; Eljarrat et al. 2009, Roosens et al. 2010). Фламандское исследование воздействия гексабромциклододекана через пищу показывает, что возрастная группа от 3 до 6 лет, судя по всему, подвергается наибольшему воздействию, так как их РСД для суммы изомеров гексабромциклододекана составляет 7 нг/кг мт в сутки. В меньшей степени воздействию подвержены новорожденные и взрослые, РСД которых

составляет, соответственно, 3 и 1 нг/кг мт в сутки (Roosens et al. 2010). Однако во всех случаях дети, судя по всему, в большей мере подвержены воздействию гексабромциклододекана, чем взрослые.

(UNEP/FAO/RC/CRC.13/INF/17/Rev.2, раздел 2.3.2 характеристики рисков КРСОЗ)

Распределение:

Гексабромциклододекан может всасываться из желудочно-кишечного тракта, и впоследствии наиболее высокие концентрации образуются в жировой ткани и мышцах, а затем в печени, при гораздо более низкой активности в легких, почках, крови, мозге и гонадах.

(UNEP/FAO/RC/CRC.13/8, раздел 3.2.2 уведомления Норвегии)

У грызунов гексабромциклододекан легко всасывается через желудочно-кишечный тракт, и наиболее высокие концентрации образуются в жировой ткани и мышцах, а затем в печени; он обнаружен в гораздо более низких концентрациях в легких, почках, крови и мозге. (ЕСНА, 2008; сообщалось во вторичном источнике с ограниченными подробностями исследования).

(UNEP/FAO/RC/CRC.13/INF/18 АОС США: Антипиреновые альтернативы гексабромциклододекану (ГБЦД))

Биоаккумуляция и метаболизм:

Ряд исследований в лаборатории, в местных пищевых сетях и местных экосистемах подтверждает способность гексабромциклододекана к биоаккумуляции и биоусилению. Полевые исследования свидетельствуют об общем увеличении концентрации в биоте по мере повышения трофического уровня в водных и арктических пищевых сетях. Полевых исследований в земной среде не проводилось, но два лабораторных исследования показывают, что гексабромциклододекан способен биоаккумулироваться в наземных млекопитающих.

В ходе двух лабораторных исследований была изучена биоаккумуляция гексабромциклододекана у млекопитающих (WIL 2001; Velsicol Chemicals 1980). Благодаря исследованию токсичности на крысах, которым вводили повторные дозы в течение 90 дней (технический гексабромциклододекан, 1 000 мг/кг мт в сутки), WIL (2001) было установлено, что содержание α -изомера было гораздо выше, чем β - и γ -изомеров в каждый момент времени взятия проб. Относительное процентное содержание изомеров, измеренное у крыс (α -: 65-70 процентов, β -: 9-15 процентов и γ -: 14-20 процентов), заметно отличалось от пропорций в использованных составах гексабромциклододекана (α -: 8,9 процента, β -: 6,6 процента и γ -: 84,5 процента). Компания Velsicol Chemicals (1980) изучала фармакокинетику меченого радиоактивным изотопом гексабромциклододекана (^{14}C - гексабромциклододекан, чистота > 98 процентов), который вводился крысам перорально в виде однократной дозы. Авторы показали, что исследуемое вещество распространялось по всему организму, при этом, как показали измерения, наибольшее количество скапливалось в жировой ткани, а затем в печени, почках, легких и половых железах. В крови, мышцах, печени и почках происходил быстрый обмен веществ в полярные соединения, но содержание гексабромциклододекана в жировой ткани оставалось в основном без изменений. В результате исследования был сделан вывод, что гексабромциклододекан накапливается в жировых тканях после неоднократного воздействия.

Некоторые выводы были сделаны в Норвежской Арктике. В работе Sørmo et al. (2006) проанализированы репрезентативные виды, начиная от различных трофических уровней пищевой цепи полярного медведя, с использованием проб, взятых с 2002 по 2003 годы на Шпицбергене в Норвежской Арктике. Количество гексабромциклододекана было ниже пределов обнаружения (минимум 0,012 нг/г жв) в раке одноногом, *Gammarus wilkitzkii*. Было установлено значительное биоусиление гексабромциклододекана при передаче от полярной трески (*Boreogadus saida*) кольчатой нерпе (КБУ 36,4, исходя из концентрации во всем теле при сыром весе), но при передаче от кольчатой нерпы белому медведю (КБУ 0,6) биоусиления не происходило. Более низкие

уровни в пробах, взятых у полярного медведя, как полагают, говорят о возможности повышения обмена веществ у медведей. В Восточной Гренландии Letcher et al. (2009) провели сравнительный анализ биоаккумуляции, биотрансформации и/или биоусиления гексабромциклододекана и традиционных СОЗ через жир кольчатой нерпы (*Pusa hispida*) Восточной Гренландии в тканях белого медведя (*Ursus maritimus*) (жировой ткани, печени и головном мозге). Было установлено, что α -гексабромциклододекан бионакапливается только в жировой ткани белого медведя. Общая величина КБУ в жировой ткани белого медведя через подкожный жир кольчатой нерпы для (α)-гексабромциклододекана > 1 . Авторы пришли к выводу, что даже если метаболизм гексабромциклододекана у полярных медведей более активен, чем у других видов, воздействие высокого уровня гексабромциклододекана обеспечивает биоусиление.

В работе Morris et al. (2004) сообщается о биоусилении гексабромциклододекана в пищевой сети Северного моря. Хотя отдельные КБУ не указываются, авторы предположили, что поскольку концентрация гексабромциклододекана выше у видов на вершине пищевой цепи, это означает, что происходит биоусиление гексабромциклододекана. Например, концентрация гексабромциклододекана в организме крупных хищников, таких, как обыкновенный тюлень (*Phoca vitulina*) и морская свинья (*Phocoena phocoena*), была на несколько порядков больше, чем концентрация в организме водных макробеспозвоночных, таких, как морские звезды и трубаки. Точно так же концентрация гексабромциклододекана была высокой в образцах печени баклана – одной из хищных птиц – и в яйцах речной крачки, в то время как более низкие уровни гексабромциклододекана были обнаружены в рыбах, которыми они питаются – треске и желтом угре (*Anguilla Anguilla*).

Тому et al. (2008) исследовали накопление конкретного изомера гексабромциклододекана на нескольких трофических уровнях морской пищевой сети в восточной части Канадской Арктики. Обнаружена тесная прямая связь α -гексабромциклододекана с трофическим уровнем, при КТУ 7,4 ($p < 0,01$), что свидетельствует о биоусилении по всей пищевой цепи, в то время как наблюдается тесная обратная связь между концентрацией γ -гексабромциклододекана и трофическим уровнем (т.е. трофическое разбавление). На α -гексабромциклододекан пришлось более 70 процентов общего количества гексабромциклододекана у креветок (*Pandalus borealis*, *Hymenodora glacialis*), окуня (*Sebastes mentella*), сайки (*Boreogadus saida*), нарвала (*Monodon monoceros*) и белухи (*Delphinapterus leucas*), а на γ -гексабромциклододекан пришлось свыше 60 процентов от общего количества гексабромциклододекана у зоопланктона (в массе), моллюсков (*Mya truncata*, *Serripes groenlandica*) и моржа (*Odobenus rosmarus*). Наблюдаемые различия в преобладании диастереоизомера были частично отнесены на счет разной экологической судьбы и разного поведения изомеров ввиду того, что наименее растворимый в воде γ -изомер в большей мере способен пассивно диффундировать из водной толщи в зоопланктон, который имеет пропорционально высокое содержание липидов. Аналогичным образом, как донные фильтраторы двустворчатые моллюски с большей вероятностью будут поглощать более высокую долю γ -изомера из донных отложений. Наличие более высокой доли α -гексабромциклододекана, например, в белухе и нарвале, может указывать на более высокий уровень обмена веществ, о чем свидетельствует биотрансформация стереоизомера, а именно γ -изомера в α -форму (Zegers et al. 2005, Law et al. 2006d). Это соотносится также с результатами, полученными Тому et al. (2009), которые установили, что на α -изомер приходится более 95 процентов общего количества гексабромциклододекана в белухе, тогда как в сайке, основной пище белухи в морской пищевой сети западной части Канадской Арктики, в структуре гексабромциклододекана преобладает γ -изомер (> 77 процентов). Авторы пришли к выводу, что это еще одно доказательство того, что белуха может биоперерабатывать γ -изомер в α -изомер.

Исследования в естественных условиях на крысах показывают, что гексабромциклододекан в результате отщепления брома превращается также в ПБЦДе и ТБЦДе. В общей сложности, с помощью моделей LCQ и GC-MS были

обнаружены пять различных видов гидроксированных метаболитов гексабромциклододекана: моногидрокси- и дигидрокси-гексабромциклододекан, моногидрокси- и дигидрокси-ПБЦДе и моногидрокси-ТБЦДе (Brandsma et al. 2009).

(UNEP/FAO/RC/CRC.13/INF/17/Rev.2, раздел 2.2.2 характеристики рисков КРСОЗ)

Выведение:

Гексабромциклододекан выводится, в основном, с калом при незначительном объеме выведения с мочой; были выявлены три полярных метаболита, а также неизвлеченная радиоактивность. Выведение из жировых отложений, как представляется, происходит значительно медленнее, чем из других тканей: срок полувыведения трех диастереоизомеров, возможно, составляет несколько недель или месяцев.

(UNEP/FAO/RC/CRC.13/8, раздел 3.2.2 уведомления Норвегии)

У крыс (2 самца, 8 самок), которым была введена пероральным путем одна доза меченого радиоактивным изотопом гексабромциклододекана в объеме 1,93 мг, в течение 72 часов было выведено 86 процентов дозы (70 процентов с калом и 16 процентов с мочой). (EPA, 2005; NICNAS, 2012; сообщалось во вторичном источнике. Авторы заявляют, что при толковании данных необходимо проявлять осторожность в связи с малым размером выборки и краткостью заключительного доклада).

У четырех самцов крысы Вистар, которым перорально вводилось 500 мг/кг в сутки гексабромциклододекана в оливковом масле в течение пяти дней, ежедневное выведение с калом составило 29-37 процентов дозы; кумулятивное выведение было постоянным на уровне 32-35 процентов; выведение с мочой не наблюдалось; метаболиты в моче и кале обнаружены не были; гексабромциклододекан был обнаружен только в жировой ткани (0,3-0,7 мг/г жира). (EPA, 2005; NICNAS, 2012; сообщалось во вторичном источнике).

(UNEP/FAO/RC/CRC.13/INF/18 АООС США: Антипиреновые альтернативы гексабромциклододекану (ГБЦД))

2.2 Токсикологические исследования

2.2.1 Острая токсичность

Перорально:

Крысы: СД₅₀ > 10 000 мг/кг (EPA, 2005; NICNAS, 2012; сообщалось во вторичном источнике с ограниченными подробностями исследования).

Крысы: СД₅₀ > 6400 мг/кг (EINECS, 2008; сообщалось во вторичном источнике. Не соответствующее руководящим принципам исследование. О дозах и размере частиц не сообщается; 7-дневный период наблюдения).

Попадание на кожу:

Кролики: СД₅₀ > 8000 мг/кг (EPA, 2005; NICNAS, 2012; сообщалось во вторичном источнике с ограниченными подробностями исследования).

Кролики: СД₅₀ > 20 000 мг/кг (EINECS, 2008; NICNAS, 2012; не соответствующее руководящим принципам исследование. Было использовано слишком мало животных; о клинических признаках не сообщается).

Вдыхание:

Крысы: СД₅₀ > 200 мг/л (EPA, 2005; NICNAS, 2012; сообщалось во вторичном источнике с ограниченными подробностями исследования).

(UNEP/FAO/RC/CRC.13/INF/18 АООС США: Антипиреновые альтернативы гексабромциклододекану (ГБЦД))

2.2.2 Краткосрочная токсичность

Не имеется для млекопитающих/позвоночных.

2.2.3	Генотоксичность (включая мутагенность)	<p>Генная мутация в лабораторных условиях: отрицательно у <i>Salmonella typhimurium</i> (штаммы не указываются) в присутствии и отсутствии метаболической активации. (EPA, 2005; NICNAS, 2012; сообщалось во вторичном источнике с ограниченными подробностями исследования).</p> <p>Хромосомные aberrации в лабораторных условиях: отрицательно, анализ на хромосомную aberrацию млекопитающих с использованием периферийных лимфоцитов крови человека в присутствии и отсутствии метаболической активации.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Дозировка: 10, 19, 38, 75, 150, 300 и 600 мкг/мл. <p>(EPA, 2005; NICNAS, 2012; соответствующее руководящим принципам исследование. Проведено в соответствии с текущими руководящими принципами АООС и ОЭСР, а также НЛП).</p> <p>Прочее в лабораторных условиях: положительно, анализ на внутригенную рекомбинацию в клетках хомяка Sp5/V79 и SPD8; клеточные линии разработаны авторами исследования.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Дозировка: 2-20 мкг/мл. <p>(EPA, 2005; NICNAS, 2012; сообщалось во вторичном источнике. Не соответствующее руководящим принципам исследование. Не является стандартным анализом, который используется регулирующими органами для оценки генотоксичности. Достоверность и способность прогнозирования неизвестны).</p> <p>Отрицательно, микроядерный анализ мышей.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Дозировка: 0, 500, 1000 или 2000 мг/кг в диметилсульфоксиде. <p>(EPA, 2005; сообщалось во вторичном источнике. Соответствующее руководящим принципам исследование. Проведено в соответствии с текущими руководящими принципами АООС и ОЭСР, а также НЛП).</p> <p>(UNEP/FAO/RC/CRC.13/INF/18 АООС США: Антипиреновые альтернативы гексабромциклододекану (ГБЦД)).</p>
2.2.4	Долгосрочная токсичность и канцерогенность	<p>Проведенная ЕС оценка рисков в отношении гексабромциклододекана, завершенная в 2008 году, обеспечивает наиболее полную оценку токсических последствий и рисков воздействия гексабромциклододекана на здоровье и благополучие человека (European Union 2008). В ходе этой оценки был сделан вывод, что гексабромциклододекан может вызывать отравление репродуктивной системы и стать источником долгосрочной токсичности, но не вызывает озабоченности в отношении острой токсичности, раздражения, повышения чувствительности, мутагенности и канцерогенности.</p> <p>(UNEP/FAO/RC/CRC.13/INF/17/Rev.2, раздел 2.4.5 характеристики рисков КРСОЗ).</p> <p>В результате исследований, в ходе которых крысам и мышам перорально вводились неоднократные дозы, наблюдалось увеличение массы печени и воздействие на такие параметры, как вес гипофиза и гормон щитовидной железы. Для повторных доз был предложен НУНВВ в размере 22,5 мг/кг.</p> <p>(UNEP/FAO/RC/CRC.13/8, раздел 3.2.2 уведомления Норвегии)</p>
2.2.5	Воздействие на репродуктивную систему	<p>Существует несколько исследований, посвященных вопросу воздействия гексабромциклододекана на репродуктивную функцию. Saegusa et al. (2009) провели исследование влияния токсичности на развитие одного поколения крыс, в ходе которого беременным самкам крыс давали корм, содержащий 0, 100, 1000 или 10 000 млн⁻¹ гексабромциклододекана с десятого дня беременности до отлучения детенышей от матки. В этом исследовании воздействие на щитовидную железу наблюдалось как у матки (увеличение веса щитовидной железы и гипертрофия фолликулярной клетки при дозе в 10 000 млн⁻¹), так и у детенышей (увеличение веса щитовидной железы, снижение Т3 в сыворотке крови и увеличение содержания в сыворотке крови ТСГ при дозах в 1000 и 10 000 млн⁻¹). Изменение щитовидной железы наряду с нарушением развития олигодендроглии в коре головного мозга (статистически значимым</p>

при высокой дозе (-24 процента), что подтверждается тенденцией к зависимости от дозы в группах, получавших средние (-12 процентов) и низкие (-8 процентов) дозы), и уменьшение массы тела самок (9 процентов в группе, получавшей высокую дозу) может свидетельствовать о развитии гипотиреоза. УННВВ в данном исследовании составляет 1000 млн^{-1} (81-213 мг/кг/сутки), а УННВВ – 100 млн^{-1} (8-21 мг/кг/сутки). Исследование непрерывного воздействия в течение долгого времени, проведенное van der Ven et al. (2009), показывает, что половые органы самцов особенно чувствительны к воздействию гексабромциклододекана, т.е. у самцов F1 наблюдалось снижение веса яичек при НГКД 52 мкг/г мт. Было также отмечено снижение веса других органов самцов: предстательной железы, надпочечников, сердца и мозга, а также общего веса самцов F1. Наблюдаемая потеря массы тела не позволяет сказать, является ли любое из этих воздействий на вес органов специфичным или вторичным по отношению к общей потере массы тела. У самок активность фермента цитохрома P450 19 при средних значениях в группе соответствовала внутренней концентрации γ -гексабромциклододекана (линейный коэффициент корреляции 0,90). Фермент цитохром P450 19 преобразует андрогены в эстрогены (Norris 2006) и играет важную роль в дифференциации и развитии гонад и мозга высших позвоночных животных, поддержании физиологического состояния репродуктивных тканей и в сексуальном поведении (Conley и Hinshelwood, 2001, Simpson et al 2002). У самок задерживалось также время открытия влагалища, но только при максимальной дозе (НГКД 82,2 мкг/г мт при контрольной реакции (КР) 10 процентов).

Как и в исследованиях van der Ven et al. (2009) and Saegusa et al. 2009, в исследовании Ema et al. (2008) отмечаются последствия для репродуктивной системы и развития (снижение жизнеспособности детенышей, уменьшение количества примордиальных яичниковых фолликул), а также изменение веса органов (например, печени и щитовидной железы) и уровня тиреоидных гормонов. Некоторые изменения передавались другим поколениям и затрагивали как родителей F0, так и родителей F1 и F2 и детенышей. С точки зрения репродуктивной токсикологии, самыми тяжелыми последствиями были общее снижение жизнеспособности детенышей F2 в 4-й и 21-й послеродовые дни при дозах 1500 и $15\ 000 \text{ млн}^{-1}$, снижение количества примордиальных яичниковых фолликул при дозах 1500 и $15\ 000 \text{ млн}^{-1}$ и воздействие гексабромциклододекана на самок F1. Сокращение числа примордиальных яичниковых фолликул показывает, что репродуктивный потенциал самки может снизиться и, как правило, рассматривается в качестве чувствительного биомаркера неблагоприятных изменений репродуктивной системы (Parker et al. 2006). Однако следует отметить, что наивысшие дозы, применявшиеся Ema et al. (2008), можно считать очень высокими. Тем не менее, дозировка в этом исследовании готовилась путем примешивания частиц гексабромциклододекана в соответствующее количество сухого базального корма для получения разных концентраций. Кинетика поглощения гексабромциклододекана, вероятно, зависит как от размера частиц, так и количества добавляемых частиц и, как ожидается, будет ниже, чем растворенного гексабромциклододекана. Следовательно, фактические дозы в тканях, приводимые в этом исследовании, предположительно ниже, чем исходная доза, как можно было также предположить исходя из результатов аналогичных исследований, таких, как WIL 2001, в котором обратимые изменения наблюдались только при дозах до $1\ 000 \text{ мг/кг мт/сутки}$ в ходе 90-дневного перорального воздействия.

(UNEP/FAO/RC/CRC.13/INF/17/Rev.2, раздел 2.4.4 характеристики рисков КРСОЗ)

В ходе исследования репродуктивной токсичности на двух поколениях крыс УННВВ был установлен на уровне 10 мг/кг/сутки . УННВВ основан на зависящем от дозировки снижении коэффициента фертильности и сокращении числа примордиальных яичниковых фолликул. Другие наблюдаемые виды воздействия включали воздействие на массу печени и щитовидной железы и уровень гормона ТСГ, а также увеличение смертности в период лактации.

Воздействие гексабромциклододекана на новорожденных может вызывать нейротоксические последствия для развития, о чем свидетельствуют

статистически значимые изменения в спонтанном поведении, обучении и дефекты памяти. Самцы мышей, которым на десятые сутки после рождения (период быстрого роста мозга у мышей) была перорально введена одна доза, были проверены на предмет воздействия на поведение в возрасте 3 месяцев. Было отмечено явное воздействие по всем параметрам, проанализированным при дозировке 13,5 мг/кг, и по некоторым параметрам – при дозировке 0,9 мг/кг, что по итогам этого исследования дало ориентировочный НУННВ в объеме 0,9 мг/кг/сутки (Eriksson et al, 2006, как описано в оценке рисков ЕС в отношении ГБЦД 2008 года). Гексабромциклододекан препятствовал высокоаффинному усвоению нейротрансмиттеров (допамина и глутамата) в синапсомы при уровнях концентрации аналогичных ранее указанным для полихлорированных дифенилов (ПХД) (Mariussen and Fonnum, 2003, как описано в оценке рисков ЕС в отношении ГБЦД 2008 года).

(UNEP/FAO/RC/CRC.13/8, раздел 3.2.2 уведомления Норвегии)

2.2.6 Нейротоксичность/отложенная нейротоксичность, специальные исследования (при наличии)

Гормоны щитовидной железы требуются для нормального развития нервной системы, как и ретиноиды (Forrest et al. 2002, Maden 2007), поэтому нарушения в этих системах могут вызвать долгосрочные нейротоксические последствия в потомстве. Нейротоксический потенциал гексабромциклододекана ранее был отмечен как в полевых исследованиях, так и в лабораторных исследованиях на моделях грызунов (Reistad et al. 2006, Mariussen and Fonnum, 2003, Dingemans et al. 2009, Eriksson et al. 2006, Lilienthal et al 2009). В полевом исследовании, проведенном Eriksson et al (2006), прямое воздействие на новорожденных мышат однократной пероральной дозой гексабромциклододекана (0,9 мг/кг или 13,5 мг/кг мт на десятые сутки после рождения), вызвало изменение спонтанного поведения с первоначальной гипореактивностью, а затем нарушение привыкания у взрослых мышей. В этом исследовании было также отмечено воздействие на пространственное обучение и память, что показало испытание в водном лабиринте Морриса на мышах, подвергавшихся воздействию гексабромциклододекана. В отличие от этого испытания, в их исследовании на двух поколениях крыс, где воздействие на крысят произошло косвенно через человеческое грудное молоко, Ema et al. (2008) обнаружили лишь временные изменения в поведении самцов F1 во время испытания в Т-лабиринте, заполненном водой, при уровне воздействия 1500 млн⁻¹ и выше, и не выявлено никакого влияния на другие параметры (двигательная активность). По мнению Ema et al. (2008), расхождения в их результатах с результатами, полученными в предыдущих исследованиях, можно объяснить различиями в режиме воздействия и/или различиями чувствительности видов. Результаты, полученные в лабораторных исследованиях, позволяют предположить, что гексабромциклододекан может быть цитотоксичен для нервных клеток и, возможно, также препятствует импульсам нейронной сигнализации, таким, как Ca²⁺, и поглощению нейромедиатора (Reistad et al. 2006, Mariussen and Fonnum 2003, Dingemans et al. 2009).

В естественных условиях нейротоксический потенциал гексабромциклододекана изучали также Lilienthal et al. 2009. В исследовании размножения с кормлением одного поколения, они показали, что вызываемой гексабромциклододеканом потере слуха сопутствовало изменение зависимого от допамина поведения (Lilienthal et al. 2009). Потеря слуха объясняется кохлеарным воздействием гексабромциклододекана, который привел к повышению порогов и умеренной пролонгации латентных периодов в нижнем диапазоне частот от 0,5 до 2 кГц и после щелчков. Оба наблюдаемых следствия зависели от величины дозы при значениях нижних границ контрольных доз (НГКД) между ≤ 1 и 10 мг/кг мт. Saegusa et al. (2009), с другой стороны, обнаружили слабый гипотиреоз с увеличением веса щитовидной железы, гипертрофию фолликулярных клеток щитовидной железы и концентрацию тиреотропина в сыворотке крови, а также снижение в сыворотке крови уровня Т3 у крысят, подвергавшихся воздействию 10 000 млн⁻¹ гексабромциклододекана в бессоевом рационе с 10-го дня беременности по 20-й день после рождения. Изменения тиреоидных гормонов сопровождалось уменьшением плотности CNPase-инфицированных олигодендроцитов, что свидетельствует о нарушенном олигодендроглиальном развитии. Кроме того, наблюдалось увеличение веса щитовидной железы и снижение концентрации

T3 в сыворотке крови у взрослых особей при концентрациях, начиная от 1000 млн⁻¹. Хотя вышеприведенные данные позволяют предположить, что вызываемые гексабромциклододеканом нарушения сигнализации тиреоидных гормонов связаны с воздействием на нервную систему грызунов, изменение поведения и познания может также происходить при уменьшении аполярных ретиноидов, как это наблюдается в печени самок крыс после воздействия гексабромциклододекана (van der Ven et al. 2006, van der Ven et al. 2009). Кроме того, не следует пренебрегать воздействием гексабромциклододекана на половые стероидные гормоны и их рецепторы, поскольку эти гормоны также оказывают негеномное влияние на функции головного мозга, такие, как обучение и память, точное управление движением, восприятие боли и настроение (Boulware and Mermelstein 2005, Chakraborti et al. 2007, Meaney et al. 1983, Schantz and Widholm 2001).

(UNEP/FAO/RC/CRC.13/INF/17/Rev.2, раздел 2.4.4 характеристики рисков КРСОЗ)

2.2.7 Резюме по токсичности для млекопитающих и общая оценка

Гексабромциклододекан оказывает воздействие на репродуктивную функцию, развитие млекопитающих и нейротоксичен для них, при этом КНЭ/УННВВ составляет порядка 1 мг/кг/сутки. Данные полевых исследований показывают:

- Снижение выживаемости детенышей крыс и уменьшение числа примордиальных яичниковых фолликул в крысах при дозе 100 мг/кг/сутки, УННВВ 10 мг/кг/сутки (Ema et al. 2008).
- Снижение веса детенышей крыс, уменьшение веса яичек и простаты, ухудшение слуха и уменьшение костной минеральной плотности у крысят женского пола при 30-100 мг/кг/сутки (van der Ven et al. 2009, Lillienthal et al. 2009).
- Нарушение баланса тиреоидных гормонов и развития олигодендроглии в коре головного мозга детенышей крыс при 1 000 млн⁻¹ (81-213 мг/кг/сутки), УННВВ 8-21 мг/кг/сутки (Saegusa et al. 2009).
- Влияние на поведение мышей, подвергавшихся воздействию дозы в 13,5 мг/кг/сутки на десятый день, УННВВ 0,9 мг/кг/сутки (Eriksson et al. 2006).

(UNEP/FAO/RC/CRC.13/INF/17/Rev.2, раздел 3 характеристики рисков КРСОЗ)

3. Воздействие на человека/оценка рисков

3.1 Продукты питания

У людей гексабромциклододекан обнаруживается в крови, плазме и жировой ткани. В настоящее время известно, что гексабромциклододекан попадает в организм человека в основном с загрязненными продуктами питания и пылью. Для детей, кормящихся грудью, главный источник гексабромциклододекана – это молоко матери, но он попадает в организм также на ранних стадиях развития, поскольку передается плоду через плаценту. Данные исследований человеческого грудного молока, проводившихся с 1970 по 2000 годы, показывают, что уровни гексабромциклододекана стали расти с тех пор, как он поступил в продажу в качестве бромированного антипирена в 1980-х годах. Несмотря на то, что информации о токсичности гексабромциклододекана для человека крайне мало, и концентрация его, обнаруживаемая в тканях человека, казалось бы, незначительна, гексабромциклододекан может оказаться опасным для таких уязвимых групп, как эмбрионы и младенцы, особенно в силу наблюдаемой нейроэндокринной токсичности и его воздействия на внутриутробное развитие.

(UNEP/FAO/RC/CRC.13/INF/17/Rev.2, установочное резюме характеристики рисков КРСОЗ).

Степень воздействия на человека через продукты питания, согласно сообщениям, различается на глобальном и региональном уровнях (Shi et al. 2009, Roosens et al. 2009). Обследования, проведенные в Европе и США, обнаружили уровни воздействия гексабромциклододекана через продукты питания в диапазоне от <0,01-5 нг/г м./м. (см. общий обзор в исследовании Roosens et al. 2009). Жирная пища животного происхождения, такая, как мясо и рыба, вероятно, один из основных источников воздействия загрязнителей на человека, и ситуация воздействия во многом зависит от потребления этих

		<p>продуктов населением (например, Shi et al. 2009; Remberger et al 2004, Lind et al 2002, Driffield et al 2008). Среди всех продуктов питания самая высокая концентрация гексабромциклододекана (до 9,4 нг/г м./м.) обнаружена в рыбе (Knutsen et al. 2008, Remberger et al. 2004, Allchin and Morris 2003). Соответственно, в Норвегии, где рыба является одним из основных продуктов питания, было установлено, что потребление рыбы тесно связано с уровнем гексабромциклододекана в сыворотке крови (Thomsen et al. 2008; Knutsen et al. 2008). Еще один потенциальный источник воздействия на человека – это яйца (Hiebl et al. 2007, Covaci et al. 2009). Анализ яиц домашних кур, снесенных вблизи загрязненных участков в развивающихся странах, показал, что яйца содержат <3,0-160 нг/г липидной массы (IPEN, 2005). Высокий уровень гексабромциклододекана в яйцах был обнаружен в Мексике (91 нг/г липидов), Уругвае (89 нг/г липидов), Словакии (89 нг/г липидов), относительно высокий в Турции (43 нг/г липидов) и чрезвычайно высокий в Кении (160 нг/г липидов). Тот факт, что овощи могут содержать концентрации гексабромциклододекана аналогичные тем, что обнаруживаются в мясе и рыбе, был отмечен в исследовании Driffield et al. (2008), в котором были проанализированы 19 различных групп продуктов питания, представлявших типичный рацион в Великобритании в 2004 году, на предмет наличия бромированных антипиренов. Гексабромциклододекан может присутствовать в овощах и растительных маслах и жирах вследствие наличия этого вещества в осадках сточных вод и последующего их использования в качестве удобрения для выращивания продовольственных культур (Kupper et al. 2008, Brändli et al. 2007). Стереоизомерные структуры в пробах пищевых продуктов характеризуются как глобальными, так и региональными различиями, а также стереоизомерными различиями, в зависимости от типа продукта питания (Roosens et al. 2009; Shi et al. 2009).</p> <p>(UNEP/FAO/RC/CRC.13/INF/17/Rev.2, раздел 2.3.2 характеристики рисков КРСОЗ)</p>
3.2	Воздух	<p>В ходе исследования Abdallah et al. (2009) гексабромциклододекан был обнаружен в воздухе домашних хозяйств (средняя концентрация 180 нг/м³), домашней пыли (средняя концентрация 1300 нг/г), в офисах (средняя концентрация 760 нг/г) и автомобилях (средняя концентрация 13 000 нг/г). (UNEP/FAO/RC/CRC.13/INF/17/Rev.2, раздел 2.3.2 характеристики рисков КРСОЗ)</p>
3.3	Вода	Нет данных.
3.4	Воздействие, связанное с родом занятий	<p>Особую озабоченность вызывает прямое попадание на кожу и вдыхание мелкой пыли или частиц гексабромциклододекана на рабочем месте. В исследовании Thomsen et al. (2007) отмечается, что в крови промышленных рабочих на предприятиях, производящих ГПС с содержанием гексабромциклододекана, обнаружены повышенные уровни гексабромциклододекана (6-856 нг/г м.ж. сыворотки крови). Уровни в сыворотке/крови у людей, подвергающихся воздействию, не связанному с их работой, как правило, значительно ниже (0,005-6,9 нг/г жв), хотя данные свидетельствуют о потенциально опасных источниках воздействия (см. общий обзор в исследовании КЕМІ 2008 года).</p> <p>(UNEP/FAO/RC/CRC.13/INF/17/Rev.2, раздел 2.3.2 характеристики рисков КРСОЗ)</p>
3.5	Медицинские данные, свидетельствующие в пользу регламентационного решения	Нет данных.
3.6	Воздействие в общественных местах	<p>Для людей, подвергающихся воздействию, не связанному с их работой, основную проблему представляет не прямое воздействие через окружающую среду или продукты питания, будь то пероральное, через кожу или в результате вдыхания. В исследовании Stapleton et al. (2008) было показано, что уровни гексабромциклододекана в пробах пыли внутри помещений варьировались от</p>

<4,5 нг/г до максимального значения в 130 200 нг/г при медианном значении 230 нг/г.

В результате непрерывного воздействия гексабромциклододекана в домах, офисах и автомобилях он обнаруживается в жировой ткани человека (Pulkrabová et al. 2009; Johnson-Restrepo et al. 2008; Antignac et al. 2008; Abdallah and Harrad 2009) и крови (Weiss et al. 2004; Weiss et al. 2006; Lopez et al. 2004; Brandsma et al. 2009; Thomsen et al. 2007; Meijer et al. 2008; Roosens et al. 2009). Воздействие происходит уже на ранней стадии развития, так как гексабромциклододекан передается через плаценту плоду (Meijer et al. 2008), а также от матери ребенку через грудное молоко. Гексабромциклододекан был обнаружен в грудном молоке в Европе (Covaci et al. 2006; Lignell et al. 2009; Eljarrat et al. 2009, Colles et al. 2008; Polder et al. 2008a; Polder et al. 2008b; Fångström et al. 2008; Antignac et al. 2008), в Азии (Kakimoto et al. 2008; Shi et al. 2009; Malarvannan et al. 2009; Tue et al. 2010), в России (Polder et al.), Мексике (Lopez et al. 2004) и США (Schecter et al. 2008). Таким образом, воздействие гексабромциклододекана происходит в важнейшие моменты развития человека, как во время беременности, так и после рождения через грудное молоко. Данные о концентрациях гексабромциклододекана в грудном молоке колеблются от уровня ниже предела обнаружения до 188 нг/г м.ж. (общий обзор см. в исследовании European Union 2008). Согласно исследованию EBFRIIP 2009b, типичный диапазон общей концентрации гексабромциклододекана в человеческом грудном молоке у людей, населяющих промышленные районы, представляется в диапазоне от <1 до 5 нг/г жв. В географическом плане самые высокие уровни гексабромциклододекана были обнаружены в материнском молоке в двух районах Северной Испании (Каталония и Галисия). В этих исследованиях сообщается об уровнях гексабромциклододекана, варьирующихся в диапазоне от 3 до 188 и от 8 до 188 нг/г жв, при медианном значении, соответственно, 27 и 26 нг/г м.ж. (Eljarrat et al. 2009; Guerra et al. 2008a). (UNEP/FAO/RC/CRC.13/INF/17/Rev.2, раздел 2.3.2 характеристики рисков КРСОЗ)

3.7 Резюме – общая оценка рисков

Проведенная ЕС оценка рисков в отношении гексабромциклододекана, завершенная в 2008 году, обеспечивает наиболее полную оценку токсических последствий и рисков воздействия гексабромциклододекана на здоровье и благополучие человека (European Union 2008). В ходе этой оценки был сделан вывод, что гексабромциклододекан может вызывать отравление репродуктивной системы и стать источником долгосрочной токсичности, но не вызывает озабоченности в отношении острой токсичности, раздражения, повышения чувствительности, мутагенности и канцерогенности. Кроме того, утверждается, что гексабромциклододекан не создает опасности для взрослых потребителей или работников, если применяются стандартные меры промышленной гигиены (нынешняя практика ЕС). Эти выводы основаны на большом перечне исследований токсичности и широком выборе оценок воздействия и риска, в которых учитываются не только работники и взрослые потребители, но и косвенное воздействие на человека через окружающую среду (European Union 2008). В оценке рисков ЕС указывается, что в настоящее время во всех слоях населения концентрации гексабромциклододекана в тканях намного ниже тех, которые, как сообщается, вызывают неблагоприятные изменения у других млекопитающих (European Union 2008).

Предполагается, что это вещество отрицательно сказывается на фертильности и вредит здоровью еще не родившегося ребенка (Repr. 2; H361) и может нанести вред здоровью детей при грудном вскармливании (Lact.; H362) (КЕМІ 2009).

Сообщается о высоких уровнях гексабромциклододекана в человеческом молоке и воздействии через продукты питания вблизи местных источников. В организме человека основной риск воздействия гексабромциклододекана заключается в возможности нейроэндокринных нарушений и задержки развития вследствие воздействия гексабромциклододекана на ранней стадии развития ребенка.

(UNEP/FAO/RC/CRC.13/INF/17/Rev.2, раздел 2.4.5 характеристики рисков КРСОЗ)

В организме человека основной риск воздействия гексабромциклододекана заключается в возможности нейроэндокринных нарушений и задержки развития вследствие воздействия гексабромциклододекана на ранней стадии развития ребенка.

Помимо результатов полевых исследований на животных, есть большое количество проведенных недавно лабораторных исследований, показывающих, как после поглощения гексабромциклододекана может воздействовать на биологические процессы, такие, как гомеостаз клеток, ремонт белка, обмен веществ, внутриклеточная сигнализация и нейроэндокринные процессы, и, возможно, нарушать их. Такие исследования способствуют пониманию того, что гексабромциклододекан вызывает различные последствия для здоровья человека и окружающей среды, что также следует принимать во внимание при рассмотрении вопроса о токсичности гексабромциклододекана.

(UNEP/FAO/RC/CRC.13/INF/17/Rev.2, раздел 3 характеристики рисков КРСОЗ)

4. Поведение и воздействие в окружающей среде

4.1 Поведение

4.1.1 Почва

Скорость разложения гексабромциклододекана в присутствии кислорода замедляется. Davis et al. (2005) сообщили о биоразложении технического гексабромциклододекана в пресноводных донных отложениях и почвах. Используя руководящие принципы испытаний ОЭСР 307 и 308, авторы показали, что скорость потери гексабромциклододекана при 20°C заметно быстрее в условиях отсутствия кислорода в обеих средах. При биологически стерильном контроле биотрансформация гексабромциклододекана была быстрее в присутствии микроорганизмов, а значения ПП₅₀ колебались в отложениях от 11 до 32 дней (аэробные) и от 1,1 до 1,5 дней (анаэробные). В почве период полураспада в аэробных и анаэробных условиях составил, соответственно, 63 и 6,9 дней. Однако в этом исследовании рассматривалось только разложение γ -гексабромциклододекана, поскольку исследуемая концентрация была слишком мала, чтобы обнаружить α - и β -гексабромциклододекан. Кроме того, не удалось обнаружить продукты трансформации.

В оценке рисков ЕС полураспад в аэробных отложениях при 20°C составил 113, 68 и 104 дней, соответственно, для α -, β - и γ -гексабромциклододекана (European Union 2008). По наблюдениям, в отложениях технический гексабромциклододекан подвергался первичному разложению с периодом полураспада 66 и 101 день в анаэробных и аэробных отложениях при 20°C, соответственно. В оценке рисков ЕС отмечено, что исследование проводилось при гораздо более высоких концентрациях гексабромциклододекана (мг/кг), чем у Davis et al. (2005) (мкг/кг), поэтому кинетика разложения может быть ограничена переносом массы химического вещества в микробы. Основным продуктом трансформации стал 1,5,9-циклододекатриен (ЦДТ), который сформировался в результате поэтапного редуکتивного дегалогенирования гексабромциклододекана. В ходе исследования не было обнаружено CO₂. Однако в исследовании, проводившемся в соответствии с руководящим принципом ОЭСР 301F (Davis et al. 2006b), было показано, что t,t,t-ЦДТ может быть разложен до CO₂.

Были получены также данные о константах скорости разложения гексабромциклододекана в анаэробных условиях в осадках сточных вод (Gerecke et al. 2006). Эксперименты проводились путем добавления отдельных целевых соединений или смесей в недавно собранные ферментированные осадки сточных вод. Осадки сточных вод были модифицированы с помощью дрожжей и крахмала. Эксперименты, проведенные при 37°C с использованием рацемической смеси отдельных диастереоизомеров, показали, что (+/-)- β -гексабромциклододекан и (+/-)- γ -гексабромциклододекан разлагались быстрее, чем (+/-)- α -гексабромциклододекан, с расчетным коэффициентом, соответственно, 1,6 и 1,8. Исследования Davis et al. (2006a) и Gerecke et al.

(2006) показали, что, α -гексабромциклододекан, судя по всему, разлагается медленнее, чем β - и γ -гексабромциклододекан.

(UNEP/FAO/RC/CRC.13/INF/17/Rev.2, раздел 2.2.1 характеристики рисков КРСОЗ)

4.1.2 Вода

Надежных эмпирических данных о кинетике разложения гексабромциклододекана в воде нет. Гидролиз гексабромциклододекана не был изучен. Однако гидролиз не следует рассматривать как важный путь разложения данного вещества в окружающей среде в связи с низкой растворимостью в воде, высоким уровнем разделения до органического углерода, а также отсутствием поддающихся гидролизу функциональных групп (ОЭСР 2007 год). Согласно расчетам, приведенным в докладе ЕМЕР о гексабромциклододекане, физико-химические свойства технической смеси и стереоизомера γ -гексабромциклододекана обеспечивают период полураспада в воде около 5 лет (ЕМЕР 2009).

По данным ЕВFRIP (2009b), период полураспада для воды и почвы, полученный на основе сопоставления различных типовых оценок, варьируется в диапазоне 8,5-850 дней при медианном показателе 85 дней и коэффициенте достоверности (КД) 10. Период полураспада в пресноводных и морских отложениях варьируется от 6 до 210 дней при медианном показателе 35 дней и КД 6. ЕВFRIP (2009b) не проводит различия между пресноводными и морскими отложениями.

(UNEP/FAO/RC/CRC.13/INF/17/Rev.2, раздел 2.2.1 характеристики рисков КРСОЗ)

4.1.3 Воздух

Период полураспада гексабромциклододекана в атмосфере в результате реакции в газовой фазе с гидроксильными радикалами (ОН) экспериментально не измерялся, но может быть смоделирован (с помощью программы AopWin v 1.91), в результате чего получается расчетный период 76,8 часов (3,2 дня). Такая оценка была получена исходя из предположения, что концентрация составляет 5×10^5 молекул ОН см^{-3} и что реакция происходит 24 часа в сутки (это значения, использованные Европейским союзом в оценках риска). Отмечается, что модель чувствительна к выбранной концентрации ОН (NCM 2008).

Vahm and Khalil (2004) получили глобальную среднегодовую концентрацию ОН в сутки $9,2 \times 10^5$ молекул см^{-3} , в северном полушарии – $9,8 \times 10^5$ молекул см^{-3} и в южном полушарии – $8,5 \times 10^5$ молекул см^{-3} . Эти значения согласуются с данными, полученными Prinn et al. (1995) и Montzka et al. (2000), которые вывели глобальные среднегодовые значения концентрации ОН в сутки при измерении количества метилхлороформа в атмосфере, составляющие, соответственно, $9,7 (\pm 0,6) \times 10^5$ и $1,1 (\pm 0,2) \times 10^6$ молекул см^{-3} . Учитывая неопределенность типовых оценок модели кОН, период полураспада для фотохимического разложения гексабромциклододекана колеблется в пределах от 0,4 до 4 дней и от 0,6 до 5,4 дней, соответственно, для северного и южного полушарий (ЕВFRIP 2009b).

(UNEP/FAO/RC/CRC.13/INF/17/Rev.2, раздел 2.2.3 характеристики рисков КРСОЗ)

4.1.4 Биоконцентрация

На основе двух испытаний биоконцентрации на рыбах в проточной воде показатель ФБК 18 100 у толстоголового гольяна был выбран в качестве репрезентативного значения в ходе проведенной ЕС оценки рисков. Было продемонстрировано, что уровни гексабромциклододекана повышаются по мере роста трофических уровней в пресноводной системе: Fjeld (2006a) сообщил о концентрациях гексабромциклододекана в европейской корюшке (*Osmerus eperlanus*), ряпушке (*Coregonus albula*) и озерной форели (*Salmo trutta trutta*) из озера Мьоса в Норвегии. Европейская корюшка и ряпушка являются важными рыбами для питания форели. Концентрации гексабромциклододекана, выявленные в 2005 году, составили 466 мкг/кг м.ж. (8,8 мкг/кг срв), 374 мкг/кг м.ж. (10,7 мкг/кг срв), 729 мкг/кг м.ж. (18 мкг/кг срв) для европейской корюшки, ряпушки и озерной форели, соответственно.

ГБЦД был также обнаружен в других организмах, находящихся на высоких уровнях своей пищевой цепи, таких, как птицы, тюлени, морские рыбы, дельфины, морские свиньи и белые медведи.

(UNEP/FAO/RC/CRC.13/8, раздел 3.2.3 уведомления Норвегии)

4.1.5 Стойкость

В воде, почве и отложениях наблюдалось незначительное разложение или его отсутствие. Кроме того, гексабромциклододекан адсорбируется до твердых частиц, что замедляет разложение.

Воздух: $T_{1/2}$ – 51,2 часа (Wania 2003, цитируется в ЕС 2008).

Вода: $T_{1/2}$ – 1140 часов (Wania 2003, цитируется в ЕС 2008).

Почва: $T_{1/2}$ – 112-119 дней (при 12°C) для диастереоизомера γ -гексабромциклододекана.

Аэробные отложения: $T_{1/2}$ ~ 197 дней (в перерасчете на 12°C) для γ -гексабромциклододекана в ходе исследования путем моделирования.

(UNEP/FAO/RC/CRC.13/8, раздел 3.2.3 уведомления Норвегии)

Для оценки стойкости гексабромциклододекана были собраны данные по экспериментально измеренному периоду полураспада в различных экологических нишах, данные моделирования о периоде полураспада, а также данные полевых исследований. Результаты применения модели оценки BioWIN (v4.10, EPI Suite v4.0), с помощью которой оценивается вероятность аэробного биоразложения в присутствии смешанной популяции экологических микроорганизмов, показывают, что гексабромциклододекан нелегко поддается биохимическому разложению; ожидаемое время первичного разложения составляет порядка нескольких недель. Кроме того, при исследовании раннего биоразложения с использованием систем испытания в закрытом флаконе, которое было предпринято в соответствии с руководящими принципами ОЭСР 301D, не было обнаружено биоразложения гексабромциклододекана за 28 дней исследования (Wildlife International 1996). Следует отметить, что, хотя исследования проводились на основе признанных руководящих принципов проведения испытаний, проверенные концентрации были примерно на три порядка выше, чем показатель растворимости гексабромциклододекана в воде (7,7 мг/л против 66 мкг/л).

Японские власти провели 28-дневное исследование биоразложения 1,2,5,6,9,10-гексабромциклододекана на основе руководящих принципов испытаний ОЭСР 301C. Разложение испытуемого вещества – смеси, содержащей различные стереоизомеры, – было оценено методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. Биоразложение двух изомерных форм гексабромциклододекана (А и В) в процентном выражении согласно расчетам составило, соответственно, 5 и 6 процентов (Chemicals Inspection and Testing Institute, 1990).

В нескольких исследованиях с использованием осадочных кернов показано, что конгенеры гексабромциклододекана, осевшие в морских отложениях в Азии и в Европе в начале 1970-х/80-х годов, все еще присутствуют в значительных количествах (Minh et al. 2007, Tanabe 2008, Kohler et al. 2008, Bogdal et al. 2008), что свидетельствует о более высокой стойкости в отложениях, чем выводится из экспериментальных исследований.

(UNEP/FAO/RC/CRC.13/INF/17/Rev.2, раздел 2.2.1 характеристики рисков КРСОЗ)

4.2 Воздействие на нецелевые организмы

4.2.1 Наземные позвоночные

В проведенном недавно исследовании американской пустельги показано, что техническая смесь гексабромциклододекана, принимаемая птицами вместе с пищей, легко поглощается и распространяется по внутренним органам (BFR 2009a; SETAC 2009). Наибольшее количество стереоизомера, обнаруженного в печени, жире и яйце, пришлось на α -гексабромциклододекан и меньшее – на γ -гексабромциклододекан и β -гексабромциклододекан. Согласно этим

наблюдениям, гексабромциклододекан преимущественно накапливается в жире и передается яйцам в процессе развития. Концентрация в тканях происходила по схеме жир>яйца>печень>плазма (SETAC 2009). В этом исследовании введение 800 нг/г ссрв технической смеси гексабромциклододекана с сафлоровым маслом в течение 21 дня с последующим периодом очищения в течение 25 дней вызвало накопление экологически релевантных внутренних доз, т.е. суммы изомеров гексабромциклододекана, в количестве 934,8 нг/г м.ж. (20 нг/г м./м.) в печени и 4216,2 нг/г м.ж. (181,5 нг/г м./м.) в яйцах при уровне α -гексабромциклододекана, равном 164 нг/г ссрв в яйце (BFR2009b). В параллельном исследовании была произведена оценка воздействия гексабромциклододекана на репродуктивную функцию американской пустельги (*Falco sparverius*) (BFR 2009b; Dioxin 2010b). В данном исследовании пустельги также ежедневно стали подвергаться воздействию 800 нг/г ссрв технической смеси гексабромциклододекана с сафлоровым маслом за три недели до спаривания и вплоть до момента, пока не осталось два дня до вылупления птенцов. Больше всего в яйцах накопилось α -гексабромциклододекана, где его концентрация после воздействия достигла 164 нг/г ссрв. Хотя количество снесенных яиц (число яиц на одну самку) у подвергшихся воздействию пустельг, было выше, количество птенцов было сопоставимо с контрольной группой (Dioxin 2010b). Птенцы подвергшихся воздействию пустельг имели меньший вес и росли медленнее, чем птенцы контрольной группы, на основании общей массы тела. Воздействие гексабромциклододекана сказалось также на поведенческих параметрах, связанных с родительским уходом (BFR 2009b; Dioxin 2010c).

(UNEP/FAO/RC/CRC.13/INF/17/Rev.2, раздел 2.4.3 характеристики рисков КРСОЗ)

4.2.2 Водные виды

Проверка гексабромциклододекана на экотоксичность в водной среде осложняется его крайне низкой растворимостью в воде и высокой способностью к адсорбции (EBFRIP 2009b, NCM 2008).

Гексабромциклододекан имеет низкую острую токсичность для водных организмов отчасти из-за своей ограниченной растворимости в водных средах (общий обзор см. в исследованиях Wildlife International 1997, Walsh et al. 1987, CEPA 2007 и ACCBFRIP 2001). Что касается долгосрочной токсичности гексабромциклододекана, в оценке рисков ЕС было установлено, что он весьма токсичен для водных организмов (European Union 2008). Этот вывод основан на проверке долгосрочной экотоксичности для *Daphnia magna* (28 дн.-КНЭ 3,1 мкг/л; Wildlife International 1998) и проверке торможения роста у *Skeletonema costatum* (72 ч-ЭК₅₀ 52 мкг/л; Wildlife International 2005). В обоих испытаниях расчетные значения КНЭ и ЭК₅₀ были ниже показателя растворимости в воде технической смеси гексабромциклододекана (66 мкг/л). Благодаря результатам длительных испытаний на *Lumbriculus variegates*, стало известно, что гексабромциклододекан оказывает неблагоприятное воздействие на водные организмы, обитающие в донных отложениях, на уровне, релевантном для окружающей среды (Institute of Hydrobiology 2001).

Исследования кормления рыб показывают воздействие на основные биологические процессы. Например, влияние гексабромциклододекана на систему гипоталамус-гипофиз-надпочечники (ГГН) и ферменты биотрансформации печени было обнаружено в радужной форели, подвергавшейся воздействию отдельных диастереоизомеров гексабромциклододекана через корм в течение 56 дней с последующим очищением в течение 112 дней, когда рыбам давали стандартный корм (Palace et al. 2008). Липидно-скорректированные концентрации α -, β -, γ -изомеров в корме составили, соответственно, 29,14±1,95, 11,84±4,62 и 22,84±2,26 нг/г (среднее значение ±SEM). Процессы детоксикации печени (активность P450 CYP1A) были заторможены всеми стереоизомерами гексабромциклододекана после семи дней дозирования, а также после 56 дней дозирования, но только у рыб, подвергшихся воздействию α - и β - изомеров. Высота клеток эпителиальных фолликул щитовидной железы была значительно выше у рыб, подвергшихся воздействию γ -гексабромциклододекана в 56-й день фазы поглощения, и у рыб из групп, подвергшихся воздействию α - и

γ-гексабромциклододекана на 14-й день фазы очищения. Более поздние исследования также подтверждают, что гексабромциклододекан может влиять на щитовидную систему рыб (Palace et al. 2010). Кроме того, исследовалась связь между вызванными гексабромциклододеканом нарушениями системы ГГН и значением таких последствий для смолтификации атлантического лосося (Lower and Moore 2007). Для оценки этого Lower and Moore (2007) подвергали мальков лосося воздействию 11 нг/л смеси гексабромциклододекана в течение 30 дней в период пиковой смолтификации в пресной воде. Затем рыб перенесли в чистую морскую воду на 20 дней. На протяжении всего периода дозирования гексабромциклододекана и воздействия морской воды 5-8 рыб проверяли через каждые семь дней и брали пробы жаберных тканей и крови. Кроме того, каждые 10 дней записывались электро-ольфактограммы у других пяти рыб с использованием мочи лосося из той же реки (что считается ключевым условием для возвращения смолта) в качестве эффектора. Воздействия гексабромциклододекана на адаптивность к морской воде не наблюдалось, хотя пик тироксина сдвинулся, и у рыб, подвергшихся воздействию гексабромциклододекана, он произошел на неделю раньше, чем в контрольной группе. Наблюдалось также снижение обонятельной функции, о чем свидетельствовало ослабление обонятельных реакций в начале перехода в пресную воду. Последний эффект немаловажен, так как он может повлиять на успешное возвращение к месту нереста и тем самым в конечном итоге и на репродуктивный потенциал у взрослых лососей. В отличие от вышеупомянутых результатов, в третьем исследовании, в котором оценивалось воздействие гексабромциклододекана на тиреоидный гормон в европейской камбале (*Platichthys flesus*), не отмечалось никакого воздействия ни на способность печени к биотрансформации, ни на уровни тиреоидного гормона, несмотря на то, что накопление гексабромциклододекана было дозозависимым (Kuiper et al. 2007). Рыбы в данном случае подвергались воздействию гексабромциклододекана через корм (мкг/г липидов) и донные отложения (мкг/г общего объема органического углерода) в следующих комбинациях: 0+0 (контрольная группа); 0,3+0,08; 3+0,8; 30+8; 300+80; 3000+800 и 0+8000 в течение 78 дней. Наконец, гексабромциклододекан может также повлиять на метаморфоз амфибий, а этот процесс жестко регулируется тиреоидными гормонами. Как показано в лабораторных условиях, гексабромциклододекан при 10, 100 и 1000 нМ активизирует вызываемое Т3 отмирание хвоста у головастика в зависимости от концентрации (Schriks et al. 2006). В естественных условиях такое воздействие может привести к преждевременному метаморфозу.

Недавние исследования с использованием моделей рыб показывают, что гексабромциклододекан может вызывать окислительный стресс и апоптоз. Deng et al (2009) рассмотрели пути возникновения окислительного стресса и апоптоза в эмбрионах через четыре часа после оплодотворения данио-рерио (*Danio rerio*), подвергая их воздействию присутствующего в воде гексабромциклододекана в концентрациях 0; 0,05; 0,1; 0,5 и 1,0 мг/л в течение 92 часов. Выживание снизилось эквивалентно при трех средних дозах, но увеличилось при самой высокой дозе (1 мг/л). На скорость выведения мальков влияние оказывала лишь самая высокая доза (1 мг/л), при которой скорость снизилась на 10 процентов по сравнению с контрольной группой. Скорость формирования пороков развития (включая деформации вследствие эпиболлии, отек желточного мешка и перикарда, деформации хвоста и сердца, искривление позвоночника и неправильное наполнение воздухом плавательного пузыря) увеличивались с повышением дозы, а частота сердечных сокращений и длина тела при воздействии гексабромциклододекана уменьшались. Уровни активных форм кислорода (АФК) у рыб, подвергавшихся воздействию гексабромциклододекана в концентрации свыше 0,05 мг/л, также повышались с увеличением дозы. Что касается апоптоза, гексабромциклододекан повышал экспрессию проапоптотических генов p53, Bax, Puma, Araf-1, caspase-9 и caspase-3, при этом ответная реакция двух последних проверялась на уровне фермента. При самой высокой концентрации гексабромциклододекана оба антиапоптотических гена и Mdm2 и Bcl-2 были существенно подавлены. В целом результаты демонстрируют, что присутствующий в воде гексабромциклододекан может вызывать

окислительный стресс у эмбрионов данио-рерио и снижение уровня выживания при дозах ниже показателя растворимости технического гексабромциклододекана в воде. Последний эффект важен, поскольку было зафиксировано, что гексабромциклододекан может передаваться от матери потомству у яйцекладущих животных и, следовательно, также у рыб (Nyholm et al. 2008, Jaspers et al. 2005, Lundsted-Enkel et al. 2006). Способность гексабромциклододекана вызывать окислительный стресс в эмбрионах данио-рерио также была продемонстрирована Hu et al. (2009). В данном случае окислительный стресс, определявшийся по повреждению липидной мембраны (эффект возникал при концентрациях 0,5; 2,5 и 10 мг/л), сопровождался также задержкой в выведении мальков ($\leq 0,5$ мг гексабромциклододекана/мл), независимым от дозы изменением активности фермента супероксиддисмутазы (выше при 0,1, ниже при 2,5 и 10 мг/л) и повышением активности ($\geq 0,1$ мг/л) белков теплового шока (Hsp70); последний эффект, вероятно, свидетельствует о повышении активности восстановления белка. Кроме того, в исследовании на китайских редких пескарях (*Gobiocypris rarus*) Zhang et al. (2008) наблюдали постоянное усиление окислительного стресса и увеличение клеточных макромолекул в мозге (АФК, карбонилирование, реактивные соединения тиобарбитуровой кислоты) и эритроцитов (ДНК) под воздействием присутствующего в воде гексабромциклододекана в диапазоне от 100 до 500 мкг/л (42 дня). Защитные ферментативные (супероксиддисмутазы) и неферментативные антиоксидантные глутатионы подвергались риску даже при концентрациях, соответственно, от 10 до 1 мкг/л. Более краткое воздействие в течение 28 дней при этих концентрациях имело несколько более серьезные последствия. Однако, поскольку большинство пробных концентраций в этих исследованиях превышали уровень растворимости гексабромциклододекана в воде, эти исследования могут быть непригодными для установления зависимости реакции от дозы и порога токсичности.

У рыб предлагаемыми новыми механизмами токсичности гексабромциклододекана являются снижение белкового обмена и изменение динамики цитоскелета и механизмов клеточной защиты (Kling and Förlin 2009). Недавно было также продемонстрировано, что у гексабромциклододекана имеется генотоксический потенциал и что он повышает гибель клеток у донных моллюсков (*Macoma balthica*) (Smolarz and Berger 2009).

(UNEP/FAO/RC/CRC.13/INF/17/Rev.2, раздел 2.4.1 характеристики рисков КРСОЗ)

Гексабромциклододекан токсичен для таких водных организмов, как *Daphnia magna*: для испытания в проточной воде был выведен 21 д.-КНЭ 3,1 мкг/л.

Гексабромциклододекан не обладает острой токсичностью для рыб: у радужной форели не наблюдалось смертности или других последствий в ходе четырехнедельного испытания на токсичность при концентрации около 6,8 мкг/л (средняя измеренная концентрация – 2,5 мкг/л).

(UNEP/FAO/RC/CRC.13/8, раздел 3.2.3 уведомления Норвегии)

Острая токсичность в водной среде

СК₅₀ для рыб

Oncorhynchus mykiss: 96-часовая $СК_{50} > 0,0068$ мг/л (номинальная) или $> 0,0025$ мг/л (средняя измеренная).

(ЕРА, 2005; NICNAS, 2012. Сообщалось во вторичном источнике. Соответствующее руководящим принципам исследование. Проведено в соответствии с текущими руководящими принципами АООС и ОЭСР, а также НЛП. При предельном значении растворимости ГБЦД в воде токсичность отсутствует).

Lepomis macrochirus: 96-часовая $СК_{50} > 100$ мг/л (номинальная).

(ЕРА, 2005; сообщалось во вторичном источнике с ограниченными подробностями исследования. Значение превышает показатель растворимости в воде).

Leuciscus idus: 96-часовая $СК_{50} > 10\,000$ мг/л (номинальная).

(EPA, 2005; сообщалось во вторичном источнике с ограниченными подробностями исследования. Значение превышает показатель растворимости в воде).

96-часовая $СК_{50}$ для рыб = 0,30 мг/л (по оценкам).

(ECOSAR v 1.10; отсутствие воздействия при насыщении (ОВН): показатель $\log K_{ow}$ 5,6 для данного химического вещества превышает ограничение ССА на уровне $\log K_{ow}$ 5,0; для этих конечных точек предсказано ОВН. Для целей сравнения предоставляются классы наркоза (нейтральные органические вещества); в методологии оценки ДфЕ будет использоваться наименьшее расчетное значение токсичности, предоставленное классами ECOSAR, которые обладают более конкретным способом действия по сравнению с наркозом).

Brachydanio rerio подвергалась воздействию доз 0; 0,05; 0,1; 0,5 и 1,0 мг/л до 96 часов.

- Апоптоз клеток, индукция активных форм кислорода (АФК) при 0,1; 0,5 и 1,0 мг/л.
- Воздействие гексабромциклододекана приводит к оксидативному стрессу и может вызвать апоптоз путем активизации каспаз.
- КНЭ = 0,05 мг/л.
- ННЭК = 0,1 мг/л.

(Deng et al., 2009; соответствующее руководящим принципам исследование. Подробности исследования взяты из резюме. Это исследование предназначено для нетрадиционного конечного значения для определения показателя опасности. Кроме того, значения КНЭ и ННЭК превышают предел растворимости в воде и не будут использоваться для определения показателя опасности. Предсказано отсутствие воздействия при насыщении (ОВН)).

Daphnid $СК_{50}/ЭК_{50}$

Daphnia magna: 48-часовая $ЭК_{50} > 0,0068$ мг/л (номинальная) или $> 0,0032$ мг/л (средняя измеренная).

(EPA, 2005; NICNAS, 2012. Сообщалось во вторичном источнике. Соответствующее руководящим принципам исследование, проведенное в соответствии с текущими руководящими принципами АОС и ОЭСР, а также НЛП. При предельном значении растворимости ГБЦД в воде токсичность отсутствует; ОВН).

D. magna: 48-часовая $ЭК_{50} = 146$ мг/л (номинальная).

- Номинальные концентрации при испытании составляли 0,01-1000 мг/л (как ниже, так и выше уровня растворимости в воде).

(EINECS, 2008; сообщалось во вторичном источнике. Соответствующее руководящим принципам исследование, проведенное в соответствии с текущими руководящими принципами АОС и ОЭСР, а также НЛП. Значение превышает показатель растворимости в воде).

Daphnia: 48-часовая $СК_{50} = 0,23$ мг/л (расчетная).

(ECOSAR v 1.10; ОВН: показатель $\log K_{ow}$ 5,6 для данного химического вещества превышает ограничение ССА на уровне $\log K_{ow}$ 5,0; для этих конечных точек предсказано ОВН. Для целей сравнения предоставляются классы наркоза (нейтральные органические вещества); в методологии оценки ДфЕ будет использоваться наименьшее расчетное значение токсичности, предоставленное классами ECOSAR, которые обладают более конкретным способом действия по сравнению с наркозом).

$ЭК_{50}$ для зеленых водорослей

Skeletonema costatum: 72-часовая КНЭ $> 0,01$ мг/л (> 10 мкг гексабромциклододекана).

- $ЭК_{50} = 0,027$ мг/л (биомасса).
- $ЭК_{50} = 0,052$ мг/л (темпы роста).

(Desjardins et al. 2005; ЕСНА, 2008. Сообщалось во вторичном источнике с ограниченными подробностями исследования).

Pseudokirchneriella subcapitata: 96-часовая ЭК₅₀ > 0,0068 мг/л (номинальная) или > 0,0037 мг/л (средняя измеренная).

(ЕРА, 2005; NICNAS, 2012. Сообщалось во вторичном источнике. Соответствующее руководящим принципам исследование, проведенное в соответствии с текущими руководящими принципами АОС и ОЭСР, а также НЛП. При предельном значении растворимости ГБЦД в воде токсичность отсутствует; ОВН).

Chlorella sp.: 96-часовая ЭК₅₀ > 1,5 мг/л.

(ЕРА, 2005; NICNAS, 2012. Сообщалось во вторичном источнике с ограниченными подробностями исследования. При предельном значении растворимости ГБЦД в воде токсичность отсутствует; ОВН).

S. costatum: 72-часовая ЭК₅₀ > 0,0093-0,012 мг/л.

(ЕРА, 2005; NICNAS, 2012. Сообщалось во вторичном источнике с ограниченными подробностями исследования. При предельном значении растворимости ГБЦД в воде токсичность отсутствует; ОВН).

S. costatum: 96-часовая ЭК₅₀ > 0,0025 мг/л.

(ЕСНА, 2008; сообщалось во вторичном источнике с ограниченными подробностями исследования. Испытуемое вещество состояло из смеси образцов ГБЦД от трех производителей, содержащей 6,0 процента α-, 8,5 процента β- и 79,1 процента γ-диастереоизомеров; общее содержание ГБЦД в испытуемом веществе составляло 93,6 процента. При наибольшей испытанной концентрации воздействие отсутствовало).

S. costatum: 72-часовая ЭК₅₀ > 0,0406 мг/л (40,6 мкг/л).

- КНЭ > 0,0406 мг/л (единственная испытанная концентрация).
- ННЭК = не определено.

(Desjardins et al., 2004 (цитируется по ЕСНА, 2008; NICNAS, 2012). Сообщалось во вторичном источнике с ограниченными подробностями исследования. ННЭК не были определены. Одна испытанная концентрация на пределе растворимости в воде; ОВН).

Thalassiosira pseudonana: 72-часовая ЭК₅₀ > 0,05-0,37 мг/л.

(Walsh et al., 1987 (цитируется по ЕРА, 2005; NICNAS). Сообщалось во вторичном источнике с ограниченными подробностями исследования. При предельном значении растворимости ГБЦД в воде токсичность отсутствует).

Scenedesmus subspicatus: 96-часовая ЭК₅₀ > 500 мг/л.

- Отсутствует воздействие на задержку роста.

(Siebel-Sauer and Bias, 1987 (цитируется по EINECS, 2008); сообщалось во вторичном источнике. Соответствующее руководящим принципам исследование, проведенное в соответствии с текущими руководящими принципами АОС и ОЭСР, а также НЛП. Значение превышает показатель растворимости в воде).

Зеленые водоросли: 96-часовая ЭК₅₀ = 0,29 мг/л (расчетная).

(ECOSAR v 1.10. Предполагаемый эффект превышает показатель растворимости в воде 0,66 мг/л, но не в 10 раз, что, согласно требованиям ECOSAR, считалось бы ОВН).

Для целей сравнения предоставляются классы наркоза (нейтральные органические вещества); в методологии оценки ДФЕ будет использоваться наименьшее расчетное значение токсичности, предоставленное классами ECOSAR, которые обладают более конкретным способом действия по сравнению с наркозом).

Хроническая токсичность в водной среде

ChV для рыб

Oncorhynchus mykiss: 88-дневная КНЭ > 0,0037 мг/л (γ-гексабромциклододекан).

27-дневный период выведения мальков.

- В течение 61 дня после выведения не наблюдалось воздействия на успешное выведение, время до выхода на плав, выживание личинок, выживание или рост мальков.

(Drotter et al., 2001; EPA, 2005. Сообщалось во вторичном источнике. Соответствующее руководящим принципам исследование, проведенное в соответствии с текущими руководящими принципами АООС и ОЭСР, а также НЛП. ННЭК и МДКТ определить не удалось в связи с отсутствием токсичности, но предположительно составляют > 0,0037 или 0,0068 мг/л (более чем в два раза превышают растворимость γ-ГБЦД в воде). ГБЦД не обладал хронической токсичностью для радужной форели в концентрациях, равных его пределу растворимости или превышающих его).

ChV для рыб = 0,043 мг/л (по оценкам).

(ECOSAR v 1.10. Для целей сравнения предоставляются классы наркоза (нейтральные органические вещества); в методологии оценки ДфЕ будет использоваться наименьшее расчетное значение токсичности, предоставленное классами ECOSAR, которые обладают более конкретным способом действия по сравнению с наркозом).

Воздействие содержащегося в воде гексабромциклододекана в размере 0,1-0,5 мг/л на китайского редкого пескаря в течение 14, 28 и 42 дней.

- Индукция ферментов печени (измерено EROD и PROD).
- Индукция окислительного стресса в мозгу рыбы (измерено ROS и TBARS).
- 28-дневный ННЭК = 0,5 мг/л.
- 42-дневный ННЭК = 0,1 мг/л.

(Zhang et al., 2008; подробности исследования сообщаются в резюме. Значения превышают показатель растворимости в воде. Это исследование предназначено для нетрадиционного конечного значения для определения показателя опасности. Кроме того, значения ННЭК превышают предел растворимости в воде и не будут использоваться для определения показателя опасности. КНЭ не была определена).

ChV для дафний

Испытание на токсичность в течение 21-дневного жизненного цикла *D. magna*. Номинальные испытанные концентрации составили 0,85; 1,7; 3,4 и 13,6 мкг/л; измеренные испытанные концентрации составили 0,87; 1,6; 3,1; 5,6 и 11 мкг/л.

- ННЭК = 0,0056 мг/л ([0,0042 мг/л среднее геометрическое]; уменьшение средней длины).
- КНЭ = 0,0031 мг/л (γ-гексабромциклододекан, измерено).

(Drotter и Kruger, 1998 (цитируется по EINECS, 2008; EPA, 2005; NICNAS, 2012). Сообщалось во вторичном источнике. Соответствующее руководящим принципам исследование, проведенное в соответствии с текущими руководящими принципами АООС и ОЭСР, а также НЛП. В диапазоне растворимости в воде. Испытуемое вещество состояло из смеси образцов ГБЦД от трех производителей, содержавшей 6,0 процента α-, 8,5 процента β- и 79,1 процента γ-диастереоизомеров; общее содержание ГБЦД в испытуемом веществе составляло 93,6 процента. Уменьшение длины, сухого веса и количества молоди наблюдалось у дафний, подвергшихся воздействию 0,011 мг/л).

ChV для дафний = 0,0059 мг/л (по оценкам).

(ECOSAR v 1.10. Для целей сравнения предоставляются классы наркоза (нейтральные органические вещества); в методологии оценки ДфЕ будет использоваться наименьшее расчетное значение токсичности, предоставленное

классами ECOSAR, которые обладают более конкретным способом действия по сравнению с наркозом).

ChV для зеленых водорослей

ChV для зеленых водорослей = 0,38 мг/л (по оценкам).

(ECOSAR v 1.10. Уровень, при котором наблюдается воздействие, превышает показатель растворимости в воде 0,66 мг/л, но не в 10 раз, что, согласно требованиям ECOSAR, считалось бы ОВН).

Для целей сравнения предоставляются классы наркоза (нейтральные органические вещества); в методологии оценки ДФЕ будет использоваться наименьшее расчетное значение токсичности, предоставленное классами ECOSAR, которые обладают более конкретным способом действия по сравнению с наркозом).

Субхроническая токсичность для земляных червей

Биопроба отложений на *Lumbriculus variegates* в течение 28 дней (обогащенные и выдержанные отложения) с содержанием гексабромциклододекана 0,05; 0,5; 5; 50 и 500 мг/кг м.с. (номинальное).

- ННЭК = 28,7 мг/кг (скорость выхода на поверхность).
- КНЭ = 3,2 мг/кг св.
- Среднее количество яиц в поколении F1 значительно сократилось при наибольшей концентрации (159 мг/кг двт).

(EINECS, 2008; Oetken et al., 2001. Проведено с отличиями от проекта руководящего принципа 218 ОЭСР, искусственные отложения с крупным размером зерна (100-2000 мкм) и другими источниками углерода (крапива жгучая и листья ольхи). EINECS заявляет, что результаты для общего выхода на поверхность и скорости выхода на поверхность не считаются действительными для цели оценки риска в силу значительных колебаний в регулировании с помощью растворителей).

(UNEP/FAO/RC/CRC.13/INF/18 АООС США: Антипиреновые альтернативы гексабромциклододекану (ГБЦД))

4.2.3	Пчелы медоносные и другие членистоногие	Нет данных.
4.2.4	Земляные черви	<p>Долгосрочная токсичность гексабромциклододекана для земляных червей исследовалась компанией ABC (2003), которая измерила показатели выживания и размножения <i>Eisenia fetida</i> (взрослых поясковых червей) после 56 дней воздействия технической смесью гексабромциклододекана. Гексабромциклододекан замешивали в сухом виде в искусственную почвенную среду при концентрациях 78,5-5000 мг/кг сухого веса почвы. В данном исследовании было установлено, что КНЭ для выживания и воспроизводства составляет, соответственно, 4190 и 128 мг гексабромциклододекана/кг сухой почвы. КНЭ для воспроизводства впоследствии была пересчитана на 59 мг/кг сухого веса почвы, поскольку использованная почва содержала большее количество органического вещества, чем стандартная почва (NCM 2008).</p> <p>(UNEP/FAO/RC/CRC.13/INF/17/Rev.2, раздел 2.4.2 характеристики рисков КРСОЗ)</p>
4.2.5	Почвенные микроорганизмы	<p>Что касается воздействия на почвенные микроорганизмы, в единственном проведенном исследовании сообщается о КНЭ ≥ 750 мг/кг св, при этом в качестве критического показателя для оценки использовалось производство нитрата (ECT 2007).</p> <p>(UNEP/FAO/RC/CRC.13/INF/17/Rev.2, раздел 2.4.2 характеристики рисков КРСОЗ)</p>

4.2.6 Наземные растения Нет данных.

5. Воздействие на окружающую среду/оценка рисков

5.1 Наземные позвоночные В целом, результаты исследований позволяют предположить, что есть основания для беспокойства в отношении воздействия на репродуктивную функцию и развитие диких птиц, так как доза в 800 нг/г срв, вызвавшая изменения, упомянутые в исследованиях Marteinson и Fernie (см. общий обзор в исследовании BFR 2009), аналогична тому, что ранее наблюдалось у диких птиц в Центральной Европе и Норвежской Арктике (т.е. у баклана (печень): 138-1320 нг/г м.ж. и крачки (яйцо): 330-7100 нг/г м.ж. (Morris et al. 2004); чайки-бургомистра (печень): 195-15 027 нг/г м.ж. и большой морской чайки (печень): 1881-3699 нг/г м.ж. (KLIF 2007); чайки-бургомистра (печень): 75,6 нг/г срв (Verreault et al. 2007).

(UNEP/FAO/RC/CRC.13/INF/17/Rev.2, раздел 2.4.3 характеристики рисков КРСОЗ)

Новые поводы для озабоченности можно найти в предварительных данных по американской пустельге, которые позволяют предположить наличие последствий для репродукции и развития этого вида в регионах-источниках. Выводы исследований Marteinson et al. (Dioxin 2010c) и Fernie et al. (Dioxin 2010cb) дают основание полагать, что существует причина для озабоченности в отношении репродукции и развития диких птиц, обусловленная не только сезонными изменениями жировых запасов, происходящими у диких птиц, и наблюдаемой передачей вещества в яйца, но и тем, что доза 800 нг/г срв и последующие концентрации гексабромциклододекана в яйце, которые привели к появлению эффектов в этих исследованиях, аналогичны тому, что ранее наблюдалось у диких птиц в Центральной Европе, т.е. в печени больших бакланов (138-1320 нг/г жв) и яйцах крачки (330-7100 нг/г жв) (Morris et al. 2004). В рамках исследования после приема 800 нг/г срв технического гексабромциклододекана в сафлоровом масле в течение 21 дня следовал 25-дневный период очищения. Такой режим привел к возникновению экологически значимых внутренних доз, т.е. суммы изомеров гексабромциклододекана, 934,8 нг/кг м.ж. (20 нг/г м./м.) в печени и 4216,2 нг/кг м.ж. (181,5 нг/г м./м.) в яйцах (при этом уровень α -гексабромциклододекана в яйцах составил 164 нг/г срв) (BFR 2009b; SETAC 2009).

Эффект нарушения функций эндокринной системы может возникнуть даже от воздействия низкой дозы; при этом его возникновение сильно зависит от срока воздействия (WHO and IPCS, 2002). Исследование американской пустельги (BFR 2009b; Dioxin 2010c) также дает основания полагать, что существует риск для репродукции и развития диких птиц в удаленных регионах, так как внутренние дозы (164 нг/г срв α -гексабромциклододекана), приведшие к ущербу в рамках исследований Marteinson and Fernie (BFR 2009b), ниже внутренних доз, зафиксированных у диких птиц в арктических районах Норвегии, т.е. у чаек-бургомистров (печень), 195-15 027 нг/г жв; и больших морских чаек (печень), 1881-3699 нг/г м.ж. (KLIF 2007); чайки-бургомистра (печень): 75,6 нг/г срв (Verreault et al. 2007). В 2001 году в канадской Арктике Muir et al. (2004) выявили концентрации изомеров гексабромциклододекана в ворвани белухи (*Delphinapterus leucas*), вида, который защищен Конвенцией о мигрирующих видах. Концентрации составляли 9,8-18 нг/г жв. Muir et al. (2006) выявили уровни гексабромциклододекана в жировой ткани белых медведей (*Ursus maritimus*) в нескольких популяциях Арктического региона в 2002 году. Наибольшие уровни были обнаружены у медведиц из района Свальбард (109 нг/г жв). В рамках этих исследований не изучалось воздействие на полярных медведей и других морских млекопитающих.

(UNEP/FAO/RC/CRC.13/INF/17/Rev.2, раздел 2.4.6 характеристики рисков КРСОЗ)

5.2 Водные виды Сравнение измеренных концентраций в тканях и органах видов, служащих пищей (рыб), с прогнозом концентрации, не оказывающей воздействия (ПКНВ) для вторичного отравления, показывает, что концентрация

гексабромциклододекана в рыбах превышает ПКНВ 5 мг/кг пищи для хищников (млекопитающих и птиц) вблизи местных точечных источников и регионов, служащих источниками. В непосредственной близости от точечных источников, таких, как река Скерн в Великобритании и бассейн реки Шельд в Бельгии, концентрация гексабромциклододекана в рыбах (угорь и озерная форель) превысила 5 мг/кг срв. Кроме того, у морских млекопитающих были обнаружены концентрации, превышающие ПКНВ, причем самый высокий – 6,4 мг/кг срв всего тела – в морских свиньях Великобритании (European Union 2008). Потенциальный риск гексабромциклододекана для диких животных вблизи местных точечных источников и регионов, служащих источниками, подкрепляется оценкой риска EBFRIIP, основанной на измерении остатков гексабромциклододекана в теле/ткани (2009b). Примечательно, что верхняя треть данных мониторинга, использованных в ходе оценки, превышает ПКНВ, рассчитанную для пресноводных рыб и млекопитающих на основе остатков гексабромциклододекана с удельной токсичностью. Верхний предел данных мониторинга птиц также входит в этот диапазон.

Гексабромциклододекан обнаружен в организмах многих арктических видов (беспозвоночных, птиц, рыб, наземных и морских млекопитающих). Сообщается о том, что уровень содержания гексабромциклододекана в полярной треске с побережья Свальбарда (арктический район Норвегии) составляет 1,38-2,87 нг/г липидной массы (см. таблицы уровней и воздействия в документе UNEP/POPS/POPRC.6/INF/25). Обнаружение гексабромциклододекана в рыбе в удаленных регионах позволяет сделать предположение о наличии потенциала, обуславливающего появление последствий для эндокринной системы, что подтверждается лабораторными исследованиями Lower and More (2007), Palace et al. (2008 и 2010), которые продемонстрировали воздействие на щитовидный ствол лососевых рыб. (UNEP/FAO/RC/CRC.13/INF/17/Rev.2, раздел 2.4.6 характеристики рисков КРСОЗ)

5.3	Медоносные пчелы	Нет данных.
5.4	Земляные черви	Нет данных.
5.5	Почвенные микроорганизмы	Нет данных.
5.6	Резюме – общая оценка рисков	<p>Гексабромциклододекан обладает стойкостью в окружающей среде и имеет высокий потенциал для биоаккумуляции и биоусиления в пищевых цепях. Как представляется, α-гексабромциклододекан наиболее стойкий из изомеров ГБЦД и имеет большую способность к биоусилению, чем β-гексабромциклододекан и γ-гексабромциклододекан.</p> <p>Гексабромциклододекан имеет широкое распространение в глобальной окружающей среде и биоте; повышенные уровни находят в теле крупных хищников и других находящихся под угрозой исчезновения видов в Арктике. Высвобождение гексабромциклододекана в окружающую среду увеличивается во всех исследуемых регионах. Все увеличивающееся число построенных зданий и сооружений является потенциальным источником долгосрочных выбросов гексабромциклододекана в окружающую среду, а также способно высвободить еще больше гексабромциклододекана в будущем, когда их будут сносить или ремонтировать. Значительный объем высвобождений возможен при утилизации строительных материалов и электронных приборов, и, вероятно, в будущем объем высвобождений увеличится. Похоже, общей тенденцией является преобладание α-гексабромциклододекана на высших трофических уровнях, в то время как основной изомер на нижних уровнях, судя по всему, – это γ-гексабромциклододекан. У населения в целом в тканях человека, как представляется, преобладает α-гексабромциклододекан. Большинство посвященных гексабромциклододекану токсикологических исследований уделяют основное внимание смесям гексабромциклододекана, а</p>

количество имеющихся данных о токсичности стереоизомеров крайне ограничено.

Гексабромциклододекан считается высокотоксичным для водных организмов. Существует риск неблагоприятных последствий для морских млекопитающих и рыб в непосредственной близости от точечных источников, а также в регионах с повышенным фоновым уровнем. Измеренные уровни концентрации в биоте превышают ПКНВ для вторичных последствий 5 мг/кг ссв, установленную в ходе оценки рисков в отношении гексабромциклододекана, произведенной ЕС (European Union 2008). Был сделан вывод, что уровни концентрации в птицах европейских регионов с повышенным фоновым уровнем или вблизи местных точечных источников находятся вблизи пороговых уровней вредного воздействия. У птиц, по предварительным данным последних исследований, происходят такие изменения, как утончение яичной скорлупы, замедление роста и снижение выживаемости. Недавно полученные предварительные данные исследования с содержащейся в неволе американской пустельгой дают дальнейшие основания для беспокойства, так как свидетельствуют о риске для репродуктивной системы и развития также и для диких птиц в отдаленных районах. На основании как более ранних, так и недавно появившихся публикаций можно предположить, что гексабромциклододекан может вызывать изменения у млекопитающих и что хроническое и подострое воздействие и воздействие высоких и низких доз гексабромциклододекана может иметь широкие и потенциально опасные последствия, особенно для нейроэндокринной системы и потомства на ранних стадиях развития. Гексабромциклододекан способен нарушать работу системы гипоталамус-гипофиз-надпочечники (ГГН) и воздействовать на репродуктивную функцию и развитие. Многие нарушения передаются следующим поколениям и сказываются как на родителях, так и на потомстве. Гексабромциклододекан передается от матери потомству и у людей, и у диких животных.

Помимо результатов полевых исследований на животных, есть большое количество проведенных недавно лабораторных исследований, показывающих, как после поглощения гексабромциклододекана может воздействовать на биологические процессы, такие, как гомеостаз клеток, ремонт белка, обмен веществ, внутриклеточная сигнализация и нейроэндокринные процессы, и, возможно, нарушать их. Такие исследования способствуют пониманию того, что гексабромциклододекан вызывает различные последствия для здоровья человека и окружающей среды, что также следует принимать во внимание при рассмотрении вопроса о токсичности гексабромциклододекана.

(UNEP/FAO/RC/CRC.13/INF/17/Rev.2, раздел 3 характеристики рисков КРСОЗ)

Название страны: Япония

- | | | |
|-----|---|---|
| 1 | Фактическая(ие) дата(ы) вступления в силу постановления | 1 мая 2014 года |
| | Ссылка на регламентационный документ | Закон о регулировании химических веществ (ЗРХВ) и исполнительный лист к нему. |
| 2 | Краткие подробности об окончательном(ых) регламентационном(ых) постановлении(ях) | Данное химическое вещество отнесено к классу I – «Регламентируемые химические вещества». Запрещены изготовление, импорт или применение этого химического вещества. |
| 3 | Причины принятия постановления | Данное регламентационное постановление основано на обеспокоенности в отношении здоровья человека. |
| 4 | Основания для включения в приложение III | Данное регламентационное постановление было принято в целях охраны здоровья человека. Регламентационное постановление основано на оценке рисков с учетом преобладающих условий в Японии. |
| 4.1 | Оценка рисков | <p>Это химическое вещество является стойким, сильно биоаккумулируется и обладает долгосрочной токсичностью для человека (UNEP/FAO/RC/CRC.13/8, раздел 2.4.2.1 уведомления Японии).</p> <p>Если вещество включено в перечень в рамках Стокгольмской конвенции и представлено на рынке в Японии, то правительством Японии проводится оценка рисков в отношении этого вещества и потенциальных связанных с ним рисков для обоснования регламентационных мер. Эта внутренняя оценка рисков вместе с документом о характеристике рисков в отношении гексабромциклододекана были представлены Японией в виде сопроводительной информации в документе UNEP/FAO/RC/CRC.13/INF/17/Rev.2. Краткое изложение на английском языке этой внутренней оценки рисков было представлено наряду с оглавлением оценки рисков.</p> <p>Внутренняя оценка рисков была основана на данных мониторинга за 2009-2012 финансовые годы и указывает на наличие ряда участков с высокой степенью опасности для окружающей среды; участков, где имеется опасность для здоровья человека, выявлено не было. Данная оценка рисков включала оценку опасности, оценку воздействия и расчет показателей риска на основе данных мониторинга, а также оценку воздействия и расчет показателей риска на основе сведений о поступлении в окружающую среду, рассчитанных исходя из данных о производстве.</p> <p>В полученном от Японии уведомлении указывается, что регламентационное постановление основано на оценке рисков или опасности, и содержится конкретная ссылка на документ о характеристике рисков в отношении гексабромциклододекана, подготовленный КРСОЗ (UNEP/FAO/RC/CRC.13/8, раздел 2.4.1 уведомления Японии). В документе КРСОЗ приводится проведенное в Японии исследование (Kakimoto et al. 2008), по результатам которого установлено, что уровни содержания гексабромциклододекана в человеческом грудном молоке по-видимому соответствуют рыночному потреблению гексабромциклододекана. В материнском молоке японок (возраст 25-29 лет) уровни гексабромциклододекана были ниже предела обнаружения во всех пробах, взятых за 10-летний период с 1973 года по 1983 год, но затем повысились после 1988 года. В период 1988-2006 годов α-гексабромциклододекан был обнаружен во всех 11 объединенных пробах молока, при этом его уровни колебались от 0,4 до 1,9 нг/г жв. Общая средняя концентрация гексабромциклододекана за период 2000-2006 годов</p> |

варьировалась от 1 до 4 нг/г м.ж. (UNEP/FAO/RC/CRC.13/INF/17/Rev.2, раздел 2.3.2 документа о характеристике рисков).

В документе о характеристике рисков указывается, что обнаруженный в результате проводимых на животных исследованиях потенциал воздействия гексабромциклододекана на онтогенез и его нейротоксичный потенциал являются основаниями для обеспокоенности при рассмотрении рисков для здоровья человека, особенно внутриутробных плодов и маленьких детей (UNEP/FAO/RC/CRC.13/INF/17/Rev.2, раздел 2.4.6 документа о характеристике рисков).

4.2	Применявшиеся критерии	Риск для здоровья человека.
	Актуальность для других государств и регионов	Уведомляющая Сторона не представила информацию об актуальности для других государств и регионов.
5	Альтернативы	Уведомляющая Сторона не представила информацию об альтернативах гексабромциклододекану.
6	Регулирование отходов	Уведомляющая Сторона не представила информацию о регулировании отходов гексабромциклододекана или содержащих его изделий.
7	Другое	Отсутствует.

- | | | |
|-----|---|--|
| 1 | Фактическая(ие) дата(ы) вступления в силу постановления | 9 июля 2016 года |
| | Ссылка на регламентационный документ | На гексабромциклододекан распространяется действие главы 4 нормативного акта № 922 (июнь 2004 года), касающегося ограничений в отношении изготовления, импорта и поступления в оборот на рынке химических веществ и другой продукции, опасных для здоровья человека и для окружающей среды (товарный регламент). Это является имплементацией в законодательстве Норвегии Постановления (ЕС) № 850/2004 Европейского парламента и Совета по стойким органическим загрязнителям и имплементацией поправки к приложению I Постановления Европейской комиссии (ЕС) 2016/293 от 1 марта 2016 года. |
| 2 | Краткие подробности об окончательном(ых) регламентационном(ых) постановлении(ях) | Правила, ограничивающие производство, импорт, экспорт и продажу потребительских товаров, содержащих гексабромциклододекан в объеме, превышающем определенные предельные значения. |
| 3 | Причины принятия постановления | Данное регламентационное постановление основано на обеспокоенности в отношении здоровья человека и окружающей среды. |
| 4 | Основания для включения в приложение III | Данное регламентационное постановление было принято в целях охраны здоровья человека и окружающей среды. Регламентационное постановление основано на оценке рисков с учетом преобладающих условий в Норвегии. |
| 4.1 | Оценка рисков | <p>В полученном от Норвегии уведомлении указывается, что регламентационное постановление основано на оценке рисков или опасности и касается здоровья человека и окружающей среды. В уведомлении содержится конкретная ссылка на проведенную Европейским союзом оценку рисков в отношении гексабромциклододекана (UNEP/FAO/RC/CRC.13/8, раздел 2.4 уведомления Норвегии). В тексте полученного от Норвегии уведомления кратко излагаются доказательства воздействия на потребителей в Норвегии, выявления в окружающей среде (в том числе в отдаленных районах Арктики), биоте, рыбе, лишайнике, желточном мешке вылупившихся птенцов. Отмечаются некоторые временные тенденции, такие, как повышение уровней гексабромциклододекана в яйцах атлантического тупика и печени атлантической трески.</p> <p>Выдержки из научных статей, представленные в составе сопроводительной информации от Норвегии (UNEP/FAO/RC/CRC.13/INF/18), подтверждают наличие гексабромциклододекана в окружающей среде и биоте в Норвегии и прилегающих к ней территориях и некоторые случаи повышения концентраций с течением времени.</p> <p>Показатели опасности, выявленные в докладе Агентства по охране окружающей среды Соединенных Штатов Америки от 2014 года «Антипиреновые альтернативы гексабромциклододекану (ГБЦД)», также представлены в составе сопроводительной информации от Норвегии. Высокий или крайне высокий уровень опасности указывается для воздействия на онтогенез, острой токсичности в водной среде и хронической токсичности в водной среде. Гексабромциклододекан обладает высокой стойкостью и очень высокой способностью к биоаккумуляции (UNEP/FAO/RC/CRC.13/INF/18).</p> |
| 4.2 | Применявшиеся критерии | Риск для здоровья человека и окружающей среды. |

	Актуальность для других государств и регионов	Стокгольмская конвенция постановила включить гексабромциклододекан в приложение А (запрет) с конкретными исключениями в отношении производства и применения в составе газонаполненного полистирола и экструдированного полистирола в зданиях. Глобальный запрет был введен 26 ноября 2014 года.
5	Альтернативы	Уведомляющая Сторона представила документ АООС США: Агентство по охране окружающей среды Соединенных Штатов Америки: «Антипиреновые альтернативы гексабромциклододекану (ГБЦД). Итоговый доклад, июнь 2014 года».
6	Регулирование отходов	Уведомляющая Сторона не представила информацию о регулировании отходов гексабромциклододекана или содержащих его изделий.
7	Другое	Отсутствует.

Приложение 3 – Адреса назначенных национальных органов

Japan

CP

From PIC Website (20 November 2017):

Name: Mr. Kentaro Mizuuchi

Job title: Deputy Director

Department: Global Environment Division / International Cooperation Bureau

Institution: Ministry of Foreign Affairs

Postal address: 2-2-1 Kasumigaseki, Chiyoda-ku

100-8919 Tokyo

Japan

Phone: +81 3 5501 8245

Fax: +81 3 5501 8244

Email: kentaro.mizuuchi@mofa.go.jp

Norway

C

From PIC Website (20 November 2017):

Name: Ms. Christel Moræus Olsen

Job title: Senior Advisor, Rotterdam Convention Designated National Authority for Industrial Chemicals and Biocides

Institution: Norwegian Environment Agency

Postal address: Grensesvingen 7

0661 Oslo

Norway

Phone: +47 735 80 500

Fax: +47 735 80 501

Email: christel.moraesus.olsen@miljodir.no;
pic@miljodir.no

C Industrial chemicals

CP Pesticides and industrial chemicals

Regulatory actions

Japan

The Chemical Substances Control Law (CSCL) and its Enforcement Order.

Norway

Hexabromocyclododecane is regulated by Chapter 4 of the Regulation related to restrictions on the manufacture, import and placing on the market of chemicals and other products hazardous to human health and the environment (Product Regulation) act no. 922 of June 2004. This is the Norwegian implementation of Regulation (EC) No 850/2004 of the European Parliament and of the Council on persistent organic pollutants and the implementation of the amendment to its Annex I, Commission Regulation (EU) 2016/293 of 1 March 2016.

Supporting documentation provided by Japan

- POPRC (2010). Risk profile on hexabromocyclododecane. UNEP/POPS/POPRC.6/13/Add.2
- Environmental risk evaluation of hexabromocyclododecane, Ministry of Environment, Japan, October 2013. (The report is in Japanese. An informal English summary and a translation of the table of contents of the report are provided)

Supporting documentation provided by Norway

- European Union: Risk assessment hexabromocyclododecane, CAS-No.: 25637-99-4, EINECS No.: 247-148-4, Final Report May 2008. 492 pp.
- US EPA, United States Environmental Protection Agency: Flame Retardant Alternatives for Hexabromocyclododecane (HBCD). Final report June 2014.
- Heeb NV, Schweizer WB, Kohler M and Gerecke AC. Structure elucidation of hexabromocyclododecanes - a class of compounds with a complex stereochemistry. *Chemosphere* 2005; 61: 65-73.
- Bytingsvik J, Gaustad H, Pettersvik-Salmer M, Soermo EG, Baek K, Fö Reid S, Ruus A, Skaare JU and Jenssen BM. Spatial and temporal trends of BFRs in Atlantic cod and Polar cod in the North-East Atlantic. *Organohalogen Compounds* 2004; 66: 3869-3873.
- Christensen GN, Evenset A, Zaborska A, Berger U and Carroll J. Datering av sediment og historisk utvikling av miljøgifter i Ellasjøen, Bjørnøya. Akvaplan-niva rapport. 2004; APN-514.2934, pp 35 pp. Akvaplan-niva, Tromsø, Norge. <http://www.miljodirektoratet.no/old/klif/publikasjoner/overvaking/2041/ta2041.pdf> Note: The above article is in Norwegian language with a Summary in English in page 5 of the article.
- Fjeld E, Rognerud S, Enge E, Borgen A and Dye C. Miljøgifter i sedimenter fra Mjosa, 2005-2006. Norsk institutt for vannforskning Statlig program for forurensingsovervåkning TA-2210/2006 2006b; <http://www.miljodirektoratet.no/old/klif/publikasjoner/2210/ta2210.pdf> Note: The above article is in Norwegian language with an Extended Abstract in English in page 4 of the article.
- Fjeld E, Schlabach M, Berge JA, Green N, Eggen T, Snilsberg P, Källberg G, Rognerud S, Enge EK, Borgen A and Gundersen H. Screening of selected new organic contaminants - brominated flame retardants, chlorinated paraffins, bisphenol A and triclosan. 2004; 4809-2004, pp 117 pp. NIVA, Norge. (Only Section 2: "Extended abstract" is included in this compilation). <http://www.miljodirektoratet.no/old/klif/publikasjoner/kjemikalier/2006/ta2006.pdf>
- Fjeld E, Schlabach M, Berge JA, Green N, Eggen T, Snilsberg P, Vogelsang C, Rognerud S, Kjellberg G, Enge EK, Dye C and Gundersen H. Bromerte flammehemmere, perfluoralkylstoffer, irgarol, diuron, BHT og dicofol. Kartlegging av utvalgte nye organiske miljøgifter 2004. 2005; 927, pp 105 pp. NIVA, Norge. <http://www.miljodirektoratet.no/old/klif/publikasjoner/overvaking/2096/ta2096.pdf> Note: The above article is in Norwegian language with an Extended Abstract in English in page 17 of the article.
- Fjeld E, Schlabach M, Rognerud S, Källberg G, NIVA, NILU. Miljøgifter i sedimenter og fisk i Mjøsa, Drammensvassdraget og Drammensfjorden, Oppfølgende undersøkelser i 2004. 2006; pp 7. Norsk institutt for vannforskning, Norge. <http://www.miljodirektoratet.no/old/klif/publikasjoner/overvaking/2051/ta2051.pdf> Note: The above article is in Norwegian language with a Summary in English in page 6 of the article.

- Gabrielsen GW, Knudsen LB, Verreault J, Push K, Muir DDC and Letcher RJ. Halogenated organic contaminants and metabolites in blood and adipose tissues of polar bears (*Ursus maritimus*) from Svalbard. SPFO-Report. 2004; 915/2004, pp 32pp. Norwegian Polar Institute, Tromsø, Norway. <http://www.miljodirektoratet.no/old/klif/publikasjoner/overvaking/2058/ta2058.pdf>
- Jenssen BM, Sørmo EG, Salmer MP, Bæk K and Skaare JU. Brominated flame retardants (BFRs) in the Arctic marine food chain. In The Third International Workshop on Brominated Flame Retardants - BFR 2004. Book of abstracts. Edited by Alaae M and et al. 2004; pp 207-208.
- Knudsen LB, Gabrielsen GW, Verreault J, Barrett R, Skåre JU, Polder A and Lie E. Temporal trends of brominated flame retardants, cyclodeca-1,5,9-triene and mercury in eggs of four seabird species from Northern Norway and Svalbard. SPFO-Report. 2005; 942/2005, pp 43 pp. Norwegian Polar Institute, Tromsø, Norway. <http://www.miljodirektoratet.no/old/klif/publikasjoner/overvaking/2134/ta2134.pdf>
- Murvoll KM, Skaare JU, Anderssen E and Jenssen BM. Exposure and effects of persistent organic pollutants in European shag (*Phalacrocorax aristotelis*) hatchlings from the coast of Norway. *Environ Toxicol Chem* 2006; 25 (1): 190-198. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1897/04-333R.1/epdf>
- Odland JØ, Heimstad ES and Sandanger TM. Kartlegging av miljøgifter i humane blodprøver fra Taimyr, Russland og Bodø, Norge - en pilotstudie av "nye" miljøgifter. Assessment of "new" contaminants in human blood samples from Taimyr, Russia and Bodø, Norway – a pilot study. 2005; SPFO-rapport: 930/2005, Statens forurensningstilsyn, Oslo, Norway. <http://www.miljodirektoratet.no/old/klif/publikasjoner/overvaking/2103/2103.pdf> Note: The above article is in Norwegian language with a Summary in English in page 29 of the article.
- Schlabach M, Fjeld E and Borgen AR. Brominated flame retardants in Drammens river and the Drammensfjord, Norway. In The Third International Workshop on Brominated Flame Retardants - BFR 2004. Book of abstracts. Edited by Alaae M and et al. 2004; pp 147-150.
- Schlabach M, Mariussen E, Borgen A, Dye C, Enge E-K, Steinnes E, Green N and Mohn H. Kartlegging av bromerte flammehemmere og klorerte parafiner. 2002; 866/02, pp pp 69. SFT - Statlig program for forurensningsovervåking, NILU - Norsk institutt for luftforskning, Oslo, Kjeller, Norway. <http://www.miljodirektoratet.no/old/klif/publikasjoner/overvaking/1924/ta1924.pdf> Note: The above article is in Norwegian language with an Abstract in English in page 70 of the article.
- Sørmo EG, Salmer MP, Jenssen BM, Hop H, Bæk K, Kovacs KM, Lydersen C, Falk-Petersen S, Gabrielsen GW, Lie E, Skaare JU. Biomagnification of polybrominated diphenyl ether and hexabromocyclododecane flame retardants in the polar bear food chain in Svalbard, Norway. *Environ Toxicol Chem* 2006; 25(9): 2502-2511. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1897/05-591R.1/abstract>
- Thomsen C, Frøshaug M, Leknes H and Becher G. Brominated flame retardants in breast milk from Norway. *Organohalogen compounds* 2003; 64: <http://www.dioxin20xx.org/pdfs/2003/03-527.pdf>
- US EPA, United States Environmental Protection Agency: Flame Retardant Alternatives for Hexabromocyclododecane (HBCD). Final report June 2014. https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-06/documents/hbcd_report.pdf

Other Documents

POPRC (2011). Risk management evaluation on hexabromocyclododecane. UNEP/POPS/POPRC.7/19/Add.1.

POPRC (2012). Addendum to the risk management evaluation on hexabromocyclododecane. UNEP/POPS/POPRC.8/16/Add.3.

Relevant guidelines and reference documents

IPCS (2001): Hexabromocyclododecane (mixture of isomers). International Chemical Safety Card (ICSC) 1413. Available at: <http://www.inchem.org/documents/icsc/icsc/eics1413.htm>

United Nations (2013): UN Recommendations on the Transport of Dangerous Goods - Model Regulations, Eighteenth revised edition. Available at: http://www.unece.org/trans/danger/publi/unrec/rev18/18files_e.html

IMO (2016): International Maritime Dangerous Goods Code (IMDG Code). Available at: <http://www.imo.org/en/Publications/IMDGCode/Pages/Default.aspx>

OSPAR Commission (2009). OSPAR Background Document on certain brominated flame retardants. Available at: <https://www.ospar.org/documents?d=7202>