



**Стокгольмская конвенция
о стойких органических
загрязнителях**

**Комитет по рассмотрению стойких
органических загрязнителей**
Одиннадцатое совещание
Рим, 19-23 октября 2015 года
Пункт 5 с) предварительной повестки дня *

**Техническая работа: рассмотрение предложения о включении
пентадекафтороктановой кислоты (КАС № 335-67-1, ПФОК, перфтороктановая
кислота), ее солей и родственных ПФОК составов в приложения А, В и/или С к
Конвенции**

**Предложение о включении пентадекафтороктановой кислоты
(КАС № 335-67-1, ПФОК, перфтороктановая кислота), ее солей
и родственных ПФОК составов в приложения А, В и/или С к
Стокгольмской конвенции о стойких органических
загрязнителях**

Записка секретариата

I. Введение

1. Европейский союз представил предложение о включении пентадекафтороктановой кислоты (КАС № 335-67-1, ПФОК, перфтороктановая кислота), ее солей и родственных ПФОК составов в приложения А, В и/или С к Конвенции в соответствии с пунктом 1 статьи 8 Конвенции (см. приложение). Текст предложения распространяется в том виде, в каком оно было представлено, без официального редактирования. Результаты проведенной секретариатом проверки того, содержится ли в предложении информация, указанная в приложении D, изложены в документе UNEP/POPS/POPRC.11/INF/9.

II. Возможные меры для принятия Комитетом

2. Комитет, возможно, пожелает:
- a) рассмотреть информацию, содержащуюся в настоящей записке;
 - b) принять решение о том, считает ли он, что данное предложение удовлетворяет требованиям статьи 8 Конвенции и приложения D к ней;
 - c) разработать и согласовать, если будет принято решение о том, что данное предложение соответствует требованиям, о которых говорится в подпункте b) выше, план работы по подготовке проекта характеристики рисков согласно пункту 6 статьи 8.

* UNEP/POPS/POPRC.11/1.

Приложение

Предложение о включении пентадекафтороктановой кислоты (КАС № 335-67-1, ПФОК, перфтороктановая кислота), ее солей и родственных ПФОК составов в приложения А, В и/или С к Стокгольмской конвенции о стойких органических загрязнителях

1. Введение

1. Пентадекафтороктановая кислота (ПФОК), соли ПФОК и родственные ПФОК вещества широко используются при непосредственном применении в производстве фторэластомеров и фторполимеров, при этом наиболее важным фторполимером является политетрафторэтилен (ПТФЭ). Родственные ПФОК вещества используются в огнегасящих пенах, смачивающих добавках и очищающих средствах. В текстильных и кожаных изделиях, изделиях из бумаги и картона (например, в упаковке для пищевых продуктов), лакокрасочной продукции и в других областях (нетканая медицинская одежда, воски для пола и герметики для камня/дерева, ленты и пасты для герметизации резьбовых соединений, клейкие вещества, изделия для одежды) используются фторсодержащие полимеры с боковыми цепями. Фтортеломеры в основном используются в текстильных изделиях и одежде, в коврах и средствах по уходу за коврами, а также в покрытиях, включая покрытия для бумажных продуктов.

2. В докладе о включении рассматриваются, в частности, указанные в пунктах 1 и 2 приложения D к Стокгольмской конвенции о стойких органических загрязнителях требования в отношении информации и критерии отбора, а также резюмируются свидетельства, касающиеся критериев отбора по стойкости, биоаккумуляции, неблагоприятным последствиям и переносу на большие расстояния. Представлен также ряд дополнительных сведений, относящихся к пункту 3 приложения D. Доклад основан на существующих докладах, подготовленных ОЭСР (OECD, 2006, 2011), ЕС (ECHA, 2011, 2013a, 2013b, 2014) и Канадой (Environment Canada and Health Canada, 2012). Кроме того, указаны новейшие публикации в рецензируемых научных журналах.

2. Идентификационные данные химического вещества

3. Предложение касается пентадекафтороктановой кислоты (КАС №: 335-67-1, ЕС №: 206-397-9, ПФОК, перфтороктановая кислота), включая ее соли и родственные ПФОК вещества, а также любое другое вещество, имеющее линейные или разветвленные производные перфторгептила с формулой C7F15- в качестве структурного элемента, включая его и любое другое вещество, имеющее линейные или разветвленные производные перфтороктила с формулой C8F17- в качестве структурного элемента, включая его соли.

4. Химические сведения о ПФОК и родственных ПФОК веществах представлены на рисунке 1 и в таблицах 1a-c и 2a-c ниже. Некоторые родственные ПФОК вещества могут разлагаться с образованием ПФОК (например, Wang et al., 2005). Поэтому эти родственные ПФОК вещества способствуют общему воздействию ПФОК на человека и окружающую среду. Метод группирования по молекулярной формуле поэтому является наиболее эффективным и надлежащим способом охватить все соответствующие вещества. Любые линейные или разветвленные производные перфторгептила с формулой C7F15-X, за исключением ПФОК и солей ПФОК, и любые линейные или разветвленные производные перфтороктила с формулой C8F17-X являются родственными ПФОК веществами в рамках настоящего предложения. В таблице 1c представлены лишь некоторые примеры родственных ПФОК веществ (OECD 2007, 2011; Environment Canada and Health Canada, 2012).

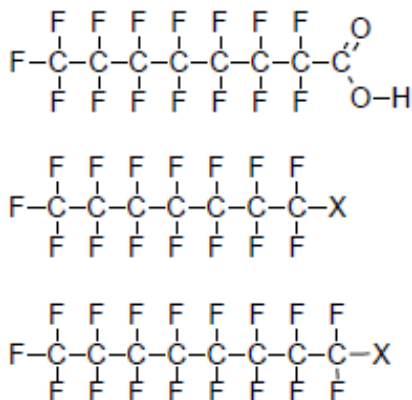


Рис. 1. Структурная формула ПФОК (вверху) и родственных ПФОК веществ

Таблица 1а. Идентификационные данные ПФОК

Номер КАС:	335-67-1
Наименование КАС:	Октановая кислота, 2,2,3,3,4,4,5,5,6,6,7,7,8,8,8-пентадекафтор-
Наименование МСТПХ:	Пентадекафтороктановая кислота
Номер ЕС:	206-397-9
Наименование ЕС:	Пентадекафтороктановая кислота
Молекулярная формула:	C ₈ HF ₁₅ O ₂
Молекулярный вес:	414,07 г/моль
Синонимы:	Перфтороктановая кислота; ПФОК; Пентадекафтор-1-октановая кислота; Перфторкаприловая кислота; Перфторгептанкарбоновая кислота; Перфтор-п-октановая кислота; Пентадекафтор-п-октановая кислота; Пентадекафтороктановая кислота; п-перфтороктановая кислота; 1-октановая кислота, 2,2,3,3,4,4,5,5,6,6,7,7,8,8,8- пентадекафтор

Таблица 1б. Некоторые примеры солей ПФОК (например, Environment Canada and Health Canada, 2012, OECD 2007, 2011)

Наименование:	Сокращение/структура:	Номер КАС:
2,2,3,3,4,4,5,5,6,6,7,7,8,8,8-пентадекафтор-октановая кислота, аммониевая соль	 АСПФОК	3825-26-1
2,2,3,3,4,4,5,5,6,6,7,7,8,8,8-пентадекафтор-октановая кислота, натриевая соль	 Na-ПФОК	335-95-5
2,2,3,3,4,4,5,5,6,6,7,7,8,8,8-пентадекафтор-октановая кислота, калиевая соль	 К-ПФОК	2395-00-8

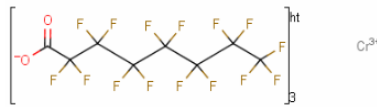
Наименование:	Сокращение/структура:	Номер КАС:
2,2,3,3,4,4,5,5,6,6,7,7,8,8,8- пентадека-фтор-октановая кислота, серебряная соль		335-93-3
Октановая кислота, 2,2,3,3,4,4,5,5,6,6,7,7,8,8,8-пентадекафтор-, хром(3+)		68141-02-6
Этанаминиум, N,N,N-триэтил-, соль с пентадекафтороктановой кислотой (1:1)	-	98241-25-9

Таблица 1с. Примеры родственных ПФОК веществ

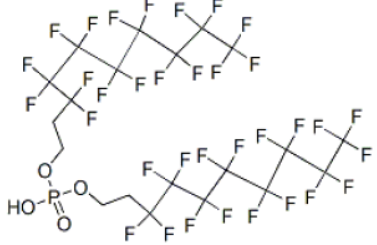
Наименование:	Сокращение/структура:	Номер КАС:
Фтортеломерные спирты 3,3,4,4,5,5,6,6,7,7,8,8,9,9,10,10,10-гептадекафтордекан-1-ол	8:2 ФТС 	678-39-7
Акрилаты фтортеломера 8:2 акрилаты фтортеломера	8:2 ФТА 	27905-45-9
Диэферы полифторалкильных фосфорных кислот 8:2 диэфир фтортеломера	8:2 диПФАФ 	678-41-1
Перфторсодержащие йодиды Перфтороктил йодид	ПФОЙ 	507-63-1

Таблица 2а. Обзор соответствующих физико-химических свойств ПФОК

Свойство	Значение	Источник/примечания
Физическое состояние при 20°C и 101,3 кПа	В твердом состоянии	Kirk, 1995
Точка плавления/замерзания	54,3°C 44 – 56,5°C	Lide, 2003 Beilstein, 2005 цит. по: ECHA, 2013a
Точка кипения	188°C (1013.25 гПа) 189°C (981 гПа)	Lide, 2003 Kauck and Diesslin, 1951
Давление пара	4,2 Па (25°C) экстраполировано из данных замеров 2,3 Па (20°C)	Kaiser et al., 2005; Washburn et al., 2005 Washburn et al., 2005

Свойство	Значение	Источник/примечания
	экстраполировано из данных замеров 128 Па (59,3°C) результат измерений	Washburn et al., 2005
Растворимость в воде	9,5 г/л (25°C) 4,14 г/л (22°C)	Kauck and Diesslin, 1951 Prokop et al., 1989
Коэффициент разделения п-октанол-вода, значение Log K _{ow}	2,69 при pH 7 и 25°C 6,3	Рассчитано с использованием программного обеспечения Advanced Chemistry Development (ACD/Labs) Software V11.02 (© 1994-2012 ACD/Labs). EPI suite (Syracuse_Research_Corporation, 2000-2008) Модели не подтверждены для ПФАВ (перфторсодержащих и полифторсодержащих алкилированных веществ)
Константа диссоциации	<1,6, например, 0,5 1,5 - 2,8	Vierke et al. 2013 Kissa, 2001

Таблица 2b. Обзор соответствующих физико-химических свойств соли ПФОК – АСПФОК

Свойство	Значение	Источник
Физическое состояние при 20°C и 101,3 кПа	В твердом состоянии	Kirk, 1994
Точка плавления/замерзания	АСПФОК: 157-165°C (разложение начинается при температуре выше 105°C) АСПФОК: 130°C (разложение)	Lines and Sutcliff, 1984 (IUCLID 2.2.) 3M Company, 1987 цит. по: ЕСНА, 2013b
Точка кипения	Разложение	Lines and Sutcliff, 1984 (IUCLID 2.2.)
Давление пара	АСПФОК: 0,0081 Па (6 x 10 ⁻⁶) при 20°C, рассчитано, исходя из данных замеров	Washburn et al., 2005
Растворимость в воде	Концентрация при насыщении (г/л) АСПФОК: > 500	Компания 3М, 1987 цит. по: ЕСНА, 2013b
Коэффициент разделения п-октанол-вода, значение Log K _{ow}	Экспериментальные данные: отсутствуют Расчетные данные: отсутствуют.	-
Константа диссоциации	Константы диссоциации: pKa = 2,80 в 50% водном растворе этанола pKa = 2,5	Brace, 1962 Ylinen et al., 1990

Таблица 2с. Обзор соответствующих физико-химических свойств 8:2 ФТС

Свойство	Значение	Источник
Физическое состояние при 20°C и 101,3 кПа	Воскообразное твердое вещество	
Точка плавления/замерзания	Информация отсутствует	Lines and Sutcliff, 1984 3M Company, 1987
Точка кипения	Информация отсутствует	Lines and Sutcliff, 1984 (IUCLID 2.2.)
Давление пара	31 Па при 25°C (время удерживания) 29 Па при 45°C (парофазный анализ методом газовой хроматографии/обнаружения атомной эмиссии) 254 Па при 25°C, летучее, 99,9 % зафиксировано в основном в газовой фазе в атмосфере 0,227 кПа 0,023 мм рт. ст.	Давление пара зависит от выбора метода. Cobranchi et al 2006 Stock et al. 2004 Lei et al., 2004 Berti, 2002 цит. по: ECHA, 2014
Растворимость в воде	1,4 x 10 ⁻⁴ г/л или 140 мкг/л при 25°C	Berti, 2002 цит. по: ECHA, 2014
Коэффициент разделения н-октанол-вода, значение Log K _{ow}	Нет информации	-
Константа диссоциации	Нет информации	-

3. Глобальное потребление и применение

5. ПФОК, соли ПФОК и родственные ПФОК вещества обладают уникальными свойствами, такими как высокое фрикционное сопротивление, диэлектрические свойства, жаропрочность и устойчивость к химическим веществам, низкая поверхностная энергия, и используются для отталкивания воды, жира, масел и грязи. Поэтому эти вещества находят широкое применение и используются в потребительских товарах.

6. Существуют прямые и косвенные источники ПФОК, солей ПФОК и родственных ПФОК веществ. Прямое применение ПФОК и ее солей происходит главным образом в производстве фторэластомеров и фторполимеров. Эти вещества используются в качестве технологических добавок, а также используются в небольшом объеме в фотографической промышленности и в качестве поверхностно-активных веществ (ПАВ) в полупроводниковой промышленности (van der Putte et al., 2013). Политетрафторэтилен (ПТФЭ) является наиболее важным из фторполимеров с точки зрения объема, на него приходится около 60% глобального рынка фторполимеров (ECHA, 2014). Родственные ПФОК вещества используются как неполимерные вещества или как часть фторсодержащих полимеров с боковыми цепями, таких как полимеры-фторакрилаты (OECD, 2013; van der Putte et al., 2010), и служат в качестве косвенных источников. Родственные ПФОК вещества используются в огнегасящих пенах, смачивающих добавках и очищающих средствах (неполимерное использование). В текстильных и кожевенных изделиях, изделиях из бумаги и картона (например, в упаковке для пищевых продуктов), лакокрасочной продукции и в других областях (нетканая медицинская одежда, воски для пола и герметики для камня/дерева, ленты и пасты для герметизации резьбовых соединений, клейкие вещества, изделия для одежды) используются фторсодержащие полимеры с боковыми цепями (ref. ECHA, 2014; U.S. EPA, 2009; van der Putte et al., 2010). Фтортеломеры используются главным образом в текстильных изделиях и одежде, коврах и средствах по уходу за коврами, а также в покрытиях, включая покрытия для бумажной продукции (US EPA, 2009).

7. С 1951 до 2004 года общемировой объем производства ПФОК и АСПФОК оценивался в 3600-5700 т (Prevedouros et al., 2006). Производство ПФОК осуществляется за пределами ЕС. Для Европы, по оценкам Германии и компетентного органа Норвегии, ЕС импортирует 40 т/год

ПФОК и солей (20 т/год как вещества, 10 т/год в смесях и 10 т/год в виде изделий). Родственные ПФОК вещества производятся в ЕС и присутствуют как составляющие биологических веществ с неопределенным и непостоянным составом в диапазоне 100-1000 т/год на основе регистрации. Родственные ПФОК вещества импортируются в ЕС в объемах 100-1000 т/год на основе консультаций с заинтересованными сторонами. Общий объем родственных ПФОК веществ в импортируемых изделиях неизвестен. По оценкам для текстильных изделий, импортируемые текстильные изделия могут содержать 1000-10000 т/год родственных ПФОК веществ (ЕСНА, 2014).

4. Административные меры в отношении пентадекафтороктановой кислоты (ПФОК), солей ПФОК и родственных ПФОК веществ на национальном и международном уровнях

8. Пентадекафтороктановая кислота (ПФОК), соли ПФОК и родственные ПФОК вещества уже некоторое время находятся под пристальным вниманием научного сообщества и регулирующих органов в связи с его потенциальным воздействием на здоровье и окружающую среду. На настоящее время на международном, региональном и национальном уровнях проведена или проводится в данный момент работа над несколькими докладами и регламентационными постановлениями о риске/опасности ПФОК, солей ПФОК и родственных ПФОК веществ для окружающей среды и здоровья.

9. ПФОК имеет согласованную классификацию – канцерогенность 2, репродуктивная токсичность 1B и специфическая избирательная токсичность при многократном воздействии 1 (печень) – в соответствии с постановлением (ЕС) № 1272/2008 по классификации, маркировке и упаковке веществ и смесей в Европейском союзе:

Классификация		Маркировка		
Код(ы) класса и категории опасности	Код(ы) характеристики опасности	Код(ы) характеристики опасности	Пиктограммы	Сигнальное слово
Канцерогенность 2	H351	H351	GHS07	Опасно
Репродуктивная токсичность 1B	H360D	H360D	GHS08	
Воздействие на или через лактацию	H362	H362	GHS05	
Специфическая избирательная токсичность при многократном воздействии 1	H372 (печень)	H372 (печень)		
Острая токсичность 4	H332	H332		
Острая токсичность 4	H302	H302		
Повреждение глаз 1	H318	H318		

10. Из-за своих свойств СБТ (стойкости, биоаккумуляции и токсичности) и КМР (оказания долговременного воздействия на здоровье) ПФОК и ее соли аммония (АСПФОК) были определены в Европейском союзе как вещества, вызывающие крайнюю озабоченность (ВВКО) в соответствии с постановлением (ЕС) № 1907/2006 (ЕСНА, 2013а, 2013b).

11. Германия и Норвегия предложили ввести в Европейском союзе ограничение на производство, использование и размещение на рынке перфтороктановой кислоты (ПФОК) и ее солей, включая вещества, которые могут разлагаться с образованием ПФОК (родственные ПФОК вещества) (ЕСНА, 2014).

12. Норвежское агентство по охране окружающей среды опубликовало поправку к постановлению о потребительских товарах, чтобы запретить использование ПФОК в потребительских товарах и текстильных изделиях. Поправка вступила в силу 1 июня 2014 года (Norwegian Environmental Agency, 2014). Переходный период, в течение которого будет разрешен импорт и продажа произведенной до 1 июня продукции, продлится до 1 января 2018 года.

13. Восемь основных производителей фторполимеров и фтортеломеров в США («Аркема», «Асахи», корпорация «БАСФ» (преемник «Сиб»), «Клариант», «Дайкин», «3М/Дайнеон», «Дюпон» и «Солвей солексис») заявили о своей приверженности делу отказа от использования ПФОК и ее солей в своей деятельности до конца 2015 года в контексте Программы экологичности АОС США (US EPA, 2006).

14. В Канаде по итогам общей оценки ПФОК, ее солей и соединений был сделан вывод, что эти вещества вредны для окружающей среды или ее биологического разнообразия, как определено в пункте 64 а) Закона об охране окружающей среды Канады 1999 года (СЕРА, 1999 или Закон).

5. Информация о пентадекафтороктановой кислоте (ПФОК), солях ПФОК и родственных ПФОК веществах в связи с критериями отбора СОЗ

5.1 Стойкость

15. ПФОК гидролитически стабильна в условиях окружающей среды. В памятке ОЭСР по первоначальной оценке для малых островных развивающихся государств в отношении ПФОК упоминается изучение гидролиза АСПФОК, проведенного 3М, в котором дается оценка, что период полураспада ПФОК в условиях гидролиза превышает 97 лет (3М Co., 2001). Как ожидается, прямой фотолит будет очень медленным (Environment Canada and Health Canada, 2012). Отмечалось медленное не прямое фоторазложение в воздухе при сроке сохранения в атмосфере в 130 суток (OECD, 2006).

16. Проведенные с ПФОК или АСПФОК отборочные испытания указывают на невысокое биоразложение (не более 7% в течение 28 суток) или на его отсутствие (MITI, 2002; Stansinakis et al., 2008, OECD 2006, 3М Co., 1978). ПФОК не подвергается быстрому биоразложению.

17. Учитывая высокую стойкость, сроки полураспада ПФОК в среде отсутствуют. В то же время результаты различных тестов разложения и данные мониторинга на местах подтверждают вывод о том, что разложения ПФОК или АСПФОК не произошло. В аэробных условиях в реакторе для очистки сточных вод биоразложения ПФОК не произошло (Meesters and Schroeder, 2004; Schröder 2003), со смешанной бактериологической культурой, с активированным илом (Wang et al., 2005) и в воде (исследование микромира Hanson et al., 2005). Liou et al (2010) исследовали анаэробную биоразлагаемость ПФОК относительно АСПФОК с посевным материалом из муниципальных водоочистных сооружений, отложений и почвы. ПФОК использовалась в качестве возможного акцептора электронов. Кроме этого, исследовалась возможность кометаболизма ПФОК в различных условиях. При проведении тестов во всех условиях метаболизм, потеря или минерализация не произошли. В целом, во всех условиях тестирования ПФОК была стойкой. Причина высокой тепловой и химической стабильности органических соединений фтора была подробно описана Siegemund et al. (2000). Эти собственные свойства необходимы для ее коммерческого применения.

18. Исследования мониторинга загрязненных объектов (например, объектов обучения пожаротушению, где используются водяные пенкообразующие пены или перфторированные химические отходы) показывают высокие уровни ПФОК в почве и расположенных под ними подземных водах, даже когда применение было остановлено или применение было прекращено, что указывает на то, что ПФОК обладает высокой стойкостью в почве и воде (например, Moody et al., 1999, 2003; Du Pont 2003). Кроме этого, важно отметить, что ПФОК подвижна и может достигать подземных вод из загрязненной почвы объектов (ЕСНА, 2013а).

19. Родственные ПФОК вещества разлагаются с образованием ПФОК в соответствующих условиях окружающей среды. Например, биоразложение 8:2 ФТС с бактериальными смесями или активированного ила также приводит к выходу ПФОК в качестве продукта преобразования. Выход ПФОК был выше в почве, чем в осадках сточных вод, и был очень низким в анаэробных условиях (например, Wang et al., 2005, Faesano et al., 2006, Dinglasan et al., 2004, Wang et al., 2009, Zhang et al., 2013). Было проведено фотоокисление в жидкой фазе 8:2 ФТС с результатами близкими к 100% ПФОК (ЕСНА, 2014).

Заключение о стойкости в соответствии с критериями приложения D

20. АСПФОК и ПФОК являются очень стойкими и не подвергаются абиотическому или биотическому разложению в соответствующих условиях окружающей среды.

5.2 Биоаккумуляция

21. О замерах величин $\log K_{ow}$ для ПФОК не сообщается. Из-за образования эмульсионного слоя между октанолом и поверхностью воды, определить величины $\log K_{ow}$ невозможно

(US EPA, 2014). Существуют только расчетные величины ($\log K_{ow} \text{ est} = 2,69$, $\log K_{ow} = 6,3$) ниже и выше 5, но использованные модели не проверены для ПФАВ (ЕСНА, 2011). Кроме того, было показано, что ПФОК преимущественно связывается с белками в печени и крови (например, Ahrens et al., 2009). Поэтому $\log K_{ow}$ не является надлежащей характеристикой потенциала биоаккумуляции для ПФОК, солей ПФОК и родственных ПФОК веществ. Это связано с тем, что перфторированные вещества обладают комбинированными свойствами: олеофобностью, гидрофобностью и гидрофильностью в частях конкретной молекулы (OECD, 2006).

22. Надежные факторы биоконцентрации (ФБК) для ПФОК были установлены в радужной форели и толстоголовом гольяне. Показатели ФБК значительно ниже 5000 (3M Co., 1995; Martin et al., 2003), что указывает на отсутствие потенциала биоаккумуляции в водных организмах (поступление через жабры). Приводимые факторы биоаккумуляции (ФБА), которые принимают во внимание все пути воздействия, ниже 5000 (Martin et al., 2003; Quinete et al., 2009; Morikawa et al., 2005; Loi et al., 2011). Свидетельство того, что ФБК или ФБА для ПФОК превышают 5000 в водных видах, не выполняется, но этого следует ожидать, потому что ПФОК демонстрирует высокую растворимость в воде (4-10 г/л), и вещество может быть легко выделено через проникание в жабры (например, Martin et al., 2003). Показатели ФБК не считаются верными конечными параметрами для оценки способности ПФОК, солей ПФОК и родственных ПФОК веществ к биоаккумуляции. Кроме этого, для ПФОК (перечисленной в приложении к Стокгольмской конвенции) был продемонстрирован иной механизм биоаккумуляции, чем разбегание жиров, и поэтому ФБК не рассматривается как применимый. (UNEP/POPS/POPRC.3/INF/8, 2007).

23. Для ПФОК были приведены факторы биоусиления (ФБУ) для нескольких пищевых цепей, включая различные территории [озера в Канаде, восточная Арктика, Атлантический океан, канадская Арктика, Западная Шельда в Нидерландах и река в Бразилии (Martin et al., 2004; Houde et al., 2006; Tomy et al., 2004; Butt et al. 2008; Tomy et al., 2009; Environment Canada and Health Canada, 2012; van den Heuvel-Greve et al., 2009, Quinete et al., 2009)], указывающие на ФБУ, превышающие 1. Более конкретно, следующие отношения «хищник–жертва» указывают на высокие показатели ФБУ (> 10): дельфин–кефаль; дельфин–кагалона (Houde et al., 2006); белый медведь (печень)–кольчатая нерпа (печень) (Butt et al., 2008); сельдь–обыкновенный тюлень (Environment Canada and Health Canada, 2012). Также отмечаются показатели ФБУ > 1 : морж (печень)–моллюск, нарвал (печень)–сайка и белуха (печень)–сайка (Tomy et al., 2009).

24. Что касается трофического усиления, Houde et al. (2006) исследовали пищевую сеть афалин в двух местах в США. ФТУ (факторы трофического усиления), на основании содержания ПФОК в печени, были выше 1 и ниже 1, исходя из концентрации во всем теле. Kelly et al. (2009) исследовали пищевую сеть в канадской Арктике, включая отложения, макроводоросли, двусторчатых моллюсков, рыб, нырковых уток и белух. Белково-скорректированные значения ФТУ превышали 1, и был сделан вывод о том, что ПФОК накапливается в богатых белком отделениях, таких как кровь и печень. Что касается рыбоядных пищевых сетей, значения ФТУ были ниже 1, но если включать дышащие воздухом организмы, то значения ФТУ превышали 1. Следует иметь в виду, что ФТУ трудно интерпретировать, потому что эти значения ФТУ в большой степени зависят от решения о включении видов и их закреплении за конкретным трофическим уровнем. Помимо этого, значения ФТУ включают сезонную и пространственную изменчивость и возможное отсутствие устойчивого состояния. Изменчивость воздействия в расчет не принимается. Исправления или лучшие корректировки ФТУ не являются общим подходом. Сравнительный анализ с другими химическими веществами является трудным, потому что биодоступность может отличаться от представляющего интерес вещества в любом месте. Подводя итог, ФТУ ПФОК отмечались несколькими авторами (например, Martine et al., 2004, 2006; Houde et al., 2006; Kelly et al., 2009; Environment Canada and Health Canada, 2012; van den Heuvel Greve et al., 2009; Loi et al., 2011), некоторые исследования выявили значения ФТУ ниже 1, но больше исследований выявили значения ФТУ выше 1. В общем, значение ФТУ > 1 в одном исследовании дают достаточные основания, чтобы сделать заключение о том, что вещество является биоаккумулятивным.

25. Высокая концентрация ПФОК в тканях была зарегистрирована у наземных млекопитающих. Martin et al. (2004) исследовали биоту из канадской Арктики только в пробах печени белого медведя. Были зафиксированы значения ПФОК, превышающие предел обнаружения в концентрациях 3-13 нг/г. ПФАВ были зарегистрированы в отдаленных районах норвежской Арктики и на материковых территориях Норвегии, которые в незначительной степени подвержены влиянию антропогенных источников (NILU, 2013). ПФОК была зафиксирована в 30% образцов, взятых у озерной форели, 100% образцов печени обыкновенного тюленя ($n=10$; среднее значение: 0,8 средн. нг/г веса) и 100% яиц гаги ($n=10$;

среднее значение: 1,62 нг/г веса), 80% яиц серебристой чайки (n=10; среднее значение: 0,11 нг/г веса), и 30% печени трески (среднее значение: 0,09 нг/г веса n=10).

26. В наземной пищевой цепи на отдаленных канадских территориях (лишайник, карибу и волк) ФБУ для ПФОК варьировались от 0,9 до 11, а ФТУ для ПФОК – от 1,1 до 2,4 (Müller et al., 2011), что указывает на то, что ПФОК может подвергаться биоусилению в пищевой цепи при показателях ФБУ и ФТУ выше 1.

27. ПФОК была зарегистрирована в крови человека в общей массе населения (например, Fromme et al. 2007, 2009; Lau et al., 2007) в повышенных концентрациях после конкретного воздействия ПФОК (например, загрязненная питьевая вода: Emmet et al., 2006) или профессионального воздействия (например, специалисты, работающие с лыжной мазью: Nilsson et al., 2010). Образ жизни, грудное вскармливание, рацион (например, питьевая вода, креветки) и закрытая среда могут оказывать влияние на уровни содержания ПФОК в крови. Матери выделяют ПФОК через грудное молоко и передают ПФОК младенцам. После родов и в конце грудного вскармливания ПФОК вновь аккумулируется в материнской крови (ЕСНА, 2013а).

28. Период полураспада ПФОК в плазме крови человека изучался в рамках нескольких исследований (Olsen et al., 2007a, Bartell et al., 2010, Brede et al., 2010). В ходе исследований были зарегистрированы следующие периоды полураспада ПФОК в плазме крови: 3,5 года, 2,3 года, 3,3 года (среднее геометрическое значение, в диапазоне: 1,0 – 14,7 лет). ПФОК считается очень стойким веществом и не претерпевает последующей трансформации, и из-за длительного периода полураспада уровни ПФОК с возрастом повышаются (см. Naug et al., 2010, 2011). В совокупности длительный период полураспада в плазме крови и стойкость ПФОК дают достаточные основания, чтобы сделать заключение о том, что вещество биоаккумулируется в организме человека.

Заключение о биоаккумуляции в соответствии с критериями приложения D

29. ПФОК имеет низкий или средний потенциал накопления в водных видах. Тем не менее, опираясь на экологические данные исследований, можно считать, что ПФОК способна к аккумуляции и биоусилению в наземных и морских животных. ПФОК и ее соли не соответствуют критериям биоаккумуляции (ФБК или ФБА ≥ 5000), тем не менее, на основе совокупности данных ПФОК и ее соли способны к аккумуляции и биоусилению в наземных и морских животных (ФБУ, ФТУ > 1). ПФОК аккумулируется в организме человека за счет длительного периода полураспада в крови, повышения уровня с возрастом, повышенных уровней в жидкостях тела человека в общей массе подверженного воздействию ПФОК населения и повторного аккумулирования в материнской крови после выделения через грудное молоко по окончании грудного вскармливания.

30. Поэтому ПФОК, соли ПФОК и родственные ПФОК вещества удовлетворяют указанным в приложении D к Стокгольмской конвенции критериям по биоаккумуляции.

5.3 Способность к переносу в окружающей среде на большие расстояния

31. Прогнозируемый срок сохранения ПФОК в атмосфере в отношении гидроксильных радикалов составляет 130 суток (Hurley et al., 2004).

32. Franklin (2002) рассчитал, что срок сохранения ПФОК в атмосфере составляет порядка нескольких суток, когда она была выделена из наземного источника, и поэтому, вероятно, не подвергается переносу на большие расстояния. Тем не менее, если ПФОК производится из атмосферного источника (т.е. посредством разложения прекурсоров) и если основным механизмом потерь является влажное или сухое осаждение, то ее срок сохранения может составить 20–30 суток до разложения (Ellis et al., 2004). Этого времени может быть достаточно для переноса на многие тысячи километров, что предполагает механизм переноса на большие расстояния.

33. Gomis et al. (2015) использовали COSMOtherm и SPARC для оценки физико-химических свойств различных новых ПФАВ в сравнении с ПФОС, ПФОК и 8:2 ФТС. Epi Suite АООС США использовался для предсказания периодов полураспада в воздухе, воде и почве (для ПФОК расчетные данные составили 31 сутки в воздухе и 720 суток в воде и почве). Результаты были затем использованы в качестве исходных параметров для разработанной ОЭСР схемы оценки общей стойкости в окружающей среде и способности к переносу на большие расстояния¹, которая была разработана с целью применения мультимедийных моделей для

¹ http://www.oecd.org/document/24/0,3343,en_2649_34379_45373336_1_1_1_1,00.html.

оценки общей стойкости (Соб) и потенциала переноса на большие расстояния (ППБР) органических химических веществ на уровне проверки в контексте оценок СБТ/СОЗ. Разработанная ОЭСР схема оценки общей стойкости (Соб) в окружающей среде и способности к переносу на большие расстояния (ПБР) дала следующие результаты: $P_{ov} = 1038$ суток; критическое расстояние переноса (КРП) – 1745 км (оба показателя как у ПФОК); эффективность переноса (ЭП) в % была выше, чем для ПФОК – 0,0146. Методы компьютерного моделирования предсказывают, что ПФОК, как и ПФОС, распространяется глобально.

34. Присутствие ПФОК в районах, отдаленных от известных точечных источников, таких как (канадская) Арктика, указывают на потенциал для переноса на большие расстояния (например, через океанские течения и/или через атмосферный перенос летучих прекурсоров ПФОК (Environment Canada and Health Canada, 2012). Например, ПФОК и ПФОС были зафиксированы в диапазоне от низкой до средней концентрации в пикограммах на литр (пг/л) в отдаленных районах ледового покрова Арктики (US EPA, 2014). ПФАВ были зарегистрированы в отдаленных районах норвежской Арктики и на материковых территориях Норвегии, которые в незначительной степени подвержены влиянию антропогенных источников (NILU, 2013). ПФОК была зафиксирована во всех пробах отложений, воды и почвы. ПФОК была зафиксирована в 30% образцов, взятых у озерной форели, 100% образцов печени обыкновенного тюленя ($n=10$; среднее значение: 0,8 средн. нг/г веса) и 100% яиц гаги ($n=10$; среднее значение: 1,62 нг/г веса), 80% яиц серебристой чайки ($n=10$; среднее значение: 0,11 нг/г веса), и 30% печени трески (среднее значение: 0,09 нг/г веса $n=10$).

Заключение о переносе на большие расстояния в соответствии с критериями приложения D

35. Принимая во внимание период полураспада ПФОК в атмосфере (вероятно, он будет превышать двое суток, исходя из зафиксированного периода полураспада в атмосфере), стойкость в сочетании с предполагаемым расстоянием переноса и широкой распространенностью ПФОК и родственных ПФОК веществ в отдаленных районах, ПФОК и родственные ПФОК вещества соответствуют критериям переноса на большие расстояния приложения D к Стокгольмской конвенции.

5.4 Неблагоприятные последствия

36. Имеются данные о краткосрочной токсичности, которые указывают на низкую острую токсичность для водных организмов (OECD, 2006). Имеются данные исследований долгосрочной токсичности для четырех таксономических групп, включающих растения, ракообразных, рыб и земноводных (например, OECD 2006). Наименьшее значение было зафиксировано при исследовании мезокозми рыбы *Pimephales promelas* (39-d КННВ 0,3 мг/л) (см. OECD, 2006). Помимо этого, также было получено наименьшее значение хронической КННВ для пресноводных беспозвоночных *Moina macroscopa* (7-d КННВ 3,125 мг/л). (Ji et al., 2008).

37. У мужских и женских особей редких пескарей концентрация ПФОК в 3–30 мг/л вызвала торможение генов биосинтеза гормонов щитовидной железы, индуцированную экспрессию вителлогена у мужских особей, привела к развитию яйцеклеток в семенниках мужских особей рыб и вызвала дегенерацию яичников у женских особей (Wei et al., 2008 цит. по: Environment Canada and Health Canada, 2012). Wei et al. (2007 цит. по: Environment Canada and Health Canada, 2012) показали, что ПФОК может нарушить активность эстрогена посредством индуцирования печеночных генов, реагирующих на эстрогены, у мужских особей, хотя механизм развития семенников-яйцеклеток у редких пескарей при воздействии ПФОК неизвестен. По сведениям Environment Canada and Health Canada (2012) имеются экспериментальные данные, демонстрирующие потенциал ПФОК влиять на эндокринную функцию там, где видимое воздействие может не быть очевидным до тех пор, пока организмы не достигнут зрелого возраста.

38. Воздействие ПФОК на иммунную функцию и клинические параметры крови было изучено в полевом исследовании афалин и морских черепах во Флориде, Джорджии и Южной Каролине. Прямая причинно-следственная связь не могла быть четко установлена, поскольку могли существовать другие сопутствующие загрязняющие вещества. Результаты показали, что могли иметь место увеличения показателей воспаления и иммунитета в параметрах крови афалин в связи с ПФОК, что дает основание предполагать, что ПФОК может изменять биомаркеры здоровья морских млекопитающих (Peden-Adams et al., 2004 цит. по: Environment Canada and Health Canada, 2012). У северных морских котиков воздействия на параметры химического состава крови обнаружено не было (Flanary et al., 2010). De Witt et al. (2012) продемонстрировали, что уровни в сыворотке крови, связанные с индуцированным ПФОК

иммунным эффектом, выше, чем концентрации, зафиксированные для человека и дикой природы. Однако авторы пришли к выводу, что не стоит пренебрегать риском иммунных эффектов для человека и дикой природы, подвергающихся воздействию перфторированных соединений, включая ПФОК и ПФОС, особенно при рассмотрении биоаккумуляции и воздействия нескольких перфторированных соединений, включая ПФОК и ПФОС.

39. До сих пор мало известно о токсичности смеси ПФАВ в соответствующих условиях окружающей среды. В силу постоянного выделения и их стойкости в природе более одного поколения пострадает от их воздействия (Ahrens et al., 2014). Смеси ПФОС и ПФАВ, как было продемонстрировано, имеют токсическое взаимодействие с эмбрионами *Danio rerio*, которое не может быть объяснено сложением концентраций или отдельных воздействий (Ding, 2013 цит. по: Ahrens, 2014). Помимо этого, повысилась экотоксичность с повышением молярной доли ПФОС в бинарной смеси (Liu et al. (2010), цит. по: Ahrens, 2014).

40. Воздействие ПФОК и других ПФАВ на человека происходит главным образом через рацион. В проведенном Европейским управлением по безопасности пищевых продуктов (ЕБПП) обзоре говорится, что ПФОК занимает второе место среди самых обнаруживаемых из 16 измеряемых ПФАВ (в 9% проб, после ПФОС в 29% проанализированных проб). Среди пищевых групп, ПФАВ чаще всего фиксируются в рыбе и прочих морепродуктах, мясе и мясных продуктах и, в меньшей степени, в других пищевых группах. Наивысшие концентрации различных ПФАВ зафиксированы в пищевых субпродуктах и, в частности, в печени. Отдельные количественные величины – в диапазоне от 0,00034 мкг/кг (минимум) для питьевой воды до 3480 мкг/кг (максимум) для печени кабана. Самым важным источником воздействия ПФОК во всех возрастных классах были «фрукты и фруктовая продукция» (от 18 до 39%) и «рыба и другие морепродукты» (от 7,6 до 27%), но значительные расхождения были зафиксированы в связи с привычками в области питания (EFSA, 2012). Растущее значение ПФОК как загрязнителя питьевой воды также было темой обзора, проведенного Post et al. (2012). Данные о воздействии на организм человека также рассматриваются в Kroismayr (2012).

41. В Европейском союзе ПФОК имеет юридически обязывающую согласованную классификацию – канцерогенность 2, репродуктивная токсичность 1В и специфическая избирательная токсичность при многократном воздействии 1 (печень) – в соответствии с постановлением (ЕС) № 944/2013 (индексный номер: 607-704-00-2), заменяющим постановление (ЕС) № 1272/2008 по классификации, маркировке и упаковке веществ и смесей (см. раздел 4) с изменениями, указанными в постановлении (ЕС) № 944/2013 (индексный номер: 607-704-00-2). Классификация ПФОК идентична соответствующей классификации ее соли АСПФОК с учетом того, что данные по АСПФОК имеют непосредственное отношение к оценке системной и местной токсичности ПФОК (ЕСНА, 2011).

42. ПФОК диссоциирует в физиологических условиях в перфтороктанат (ПФО). ПФОК измеряется как ПФО в биомониторинговых исследованиях человеческого организма. В исследованиях животных перфтороктанат аммония (АСПФОК) используется и измеряется как ПФО, но именуется как ПФОК или АСПФОК. ПФОК быстро абсорбируется, не метаболизируется и распределяется по организму, передается плоду через плаценту и младенцам через грудное молоко (ЕСНА, 2011). Зафиксированы длительные периоды полураспада у человека (см. раздел 5.2).

43. Влияние повторяющегося воздействия ПФОК на организм пероральным путем было выявлено в нескольких исследованиях и видах. ПФОК наносит ущерб печени посредством длительного или повторяющегося воздействия. Негативное воздействие, имеющее отношение к пероральному пути, включает смертность, снижение привеса массы тела, синюшность, дистрофию клеток печени, некроз. Классификация «Специфическая избирательная токсичность при многократном воздействии 1 (печень)» также охватывает другие пути воздействия на организм (ЕСНА, 2011).

44. Исследования на животных показали, что АСПФОК вызывает аденому печени, аденому из клеток Лейдига и опухоль ацинарной клетки поджелудочной железы у мужских особей крыс линии Спрег-Дули (Sibinski et al., 1987 цит. по: ЕСНА, 2011), и увеличивает число случаев фиброаденомы молочной железы у женских особей крыс (Biegel, 2001 цит. по: ЕСНА, 2011). КОР считает, что недостаточно данных о способе действия, чтобы сделать вывод о том, что вызванные АСПФОК опухоли не существенны для человека, и отнес ПФОК к категории «канц. 2, H351».

45. ПФОК классифицируется как токсичное для репродуктивной системы вещество 1В, H360D: «Может причинять вред плоду». В результате перинатальных исследований на мышах имеются явные свидетельства отрицательного воздействия АСПФОК на стадии

развития. Введения АСПФОК во внутриутробном периоде было достаточно, чтобы ослабить неонатальный рост и развитие, и токсичность на стадии развития была связана с внутриутробной стадией воздействия (ЕСНА, 2011).

46. Было также установлено, что АСПФОК передается младенцам через грудное вскармливание, КОР согласился на дополнительную классификацию воздействия через лактацию (CLP: Lact., H 362: «Может быть вреден детям, находящимся на грудном вскармливании») (ЕСНА, 2011).

47. В ходе нескольких исследований были изучены воздействие и связанное с ним влияние на здоровье рабочих и различных групп населения.

48. Проект C8 Health Project стал исследованием состояния здоровья, охватившим все население, его целью было установление вероятной связи между воздействием ПФОК и заболеваниями человека. Питьевая вода была загрязнена ПФОК с завода Washington Works Plant компании DuPont недалеко от Пикерсбурга (шт. Западная Виргиния). Этот завод существует с 1948 года, и при производстве фтортеломеров там с 1951 года использовалась ПФОК. В исследовании участвовали 69 030 человек, проживающих в шести водохозяйственных районах, загрязненных ПФОК. Когда рассматривалась связь ПФОК и ПФОС в ходе перекрестного исследования, включавшего всех участников в возрасте 18 лет и старше, не принимавших препараты, снижающие уровень холестерина, липиды во всех сыворотках крови кроме одной продемонстрировали значительную тенденцию к повышению путем увеличения децилей каждого из соединений (Steenland et al., 2009). Помимо липидов в сыворотке крови, мочевая кислота позитивно связывалась как с ПФОК, так и с ПФОС в последующем исследовании с участием 51 951 жителя (Steenland et al., 2010). В сыворотке крови подвергшихся воздействию рабочих ПФОК позитивно связывалась с общим холестерином: холестерин увеличивался на 1,06 мг/дл холестерина на каждую миллионную долю увеличения ПФОК (P 0,011) после корректировки с учетом возраста, индекса массы тела, пола и десятилетия приема на работу (Sakr et al., 2007).

49. Данные этого группового исследования (C8 Health Project) также были проанализированы на эндокринные нарушения у женщин (Knox et al., 2011a). Уровни эстрадиола в сыворотке крови и наступление менопаузы были оценены у 29 957 женщин в возрасте от 18 до 65 лет. У женщин в самом высоком квинтиле ПФОК вероятность испытать менопаузу была значительно выше.

50. Это исследование также предоставило данные по нарушению функции щитовидной железы в связи с ПФОС (Knox et al., 2011b). Перекрестное исследование среди 52 296 взрослых выявило значительные повышения концентрации тироксина в сыворотке крови и значительное снижение поглощения ТЗ, связанного с ПФОК в сыворотке крови у всех участников. Анализ были стратифицированы по полу и возрастным группам. Данные по 3 974 взрослым, отобранные в период с 1999 по 2006 год в рамках Национальной программы проверки здоровья и питания (NHANES), были проанализированы при помощи регрессионных моделей для ПФОС/ПФОК в сравнении со статусом заболевания щитовидной железы. Авторы делают вывод, что более высокие концентрации ПФОК и ПФОС в сыворотке крови связаны с текущим заболеванием щитовидной железы в общей массе взрослого населения (Melzer et al., 2010).

51. Опубликованное недавно исследование C8 Health Project продемонстрировало зависимость между дозой и увеличением частотности рака почки и рака яичка с ПФОК среди 32 254 участников. Самая сильная зависимость доза-реакция зафиксирована в отношении рака яичка при отношении рисков (ОР) 1,0, 1,04, 1,91 и 3,17 (тест линейной тенденции $p=0,04$) с повышением квартилей воздействия ПФОК. Группа по науке C8 также указала на вероятную связь между ПФОК и раком почки на основании исследования смертности среди рабочих, проведенного Группой по науке (Steenland et al., 2012, ЕСНА, 2014).

52. В проведенном недавно обзоре делается вывод о том, что воздействие ПФОК на стадиях развития отрицательно сказывается на здоровье человека, исходя из достаточных данных о снижении темпов роста плода, как у человека, так и у нечеловекоподобных млекопитающих (Lam et al., 2014).

Заключение о неблагоприятных последствиях в соответствии с критериями приложения D

53. Имеющиеся экспериментальные и эпидемиологические данные указывают на то, что ПФОК, соли ПФОК и родственные ПФОК вещества могут наносить ущерб здоровью человека и дикой природе.

5.5 Сопоставление данных о токсичности или экотоксичности с выявленными или прогнозируемыми уровнями ПФОК

54. Последние количественные характеристики риска ПФОК для здоровья человека относятся к 2014 году (ЕЧА, 2014), и ниже приводится их резюме. В рамках многих исследований в Европе и во всем мире для оценки воздействия измерялась концентрация ПФОК в человеческой сыворотке крови/плазме у населения в целом. Концентрации среди групп населения, подвергающихся воздействию высоких концентраций в питьевой воде, считаются относящимися к сценарию высокого воздействия, поскольку выбросы в питьевую воду могут оказывать влияние на население в целом, и это весьма вероятно, особенно, поскольку не все источники и способы применения ПФОК известны. Концентрации ПФОК в сыворотке крови европейского взрослого населения зафиксированы в диапазоне 0,1-100 нг/мл (ЕЧА, 2014). Средние концентрации, рассчитываемые на основе медианной и максимальной концентраций, зафиксированы в единых исследованиях на уровне 3,5 нг/мл и 21 нг/мл, соответственно. Уровни ПФОК в сыворотке крови детского населения по всему миру зафиксированы в диапазоне 0,3-22 нг/мл, за исключением детского населения, потребляющего сильно загрязненную питьевую воду. В этом случае наивысшая концентрация в сыворотке крови составила 1283 нг/мл. Средние концентрации, рассчитываемые на основе медианной и максимальной концентраций, зафиксированы в единых исследованиях на уровне 6,4 нг/мл и 108 нг/мл, соответственно (ЕЧА, 2014). В сыворотке крови детей народности инуитов были зафиксированы геометрические средние и максимальные значения 1,6 нг/мл и 11 нг/мл (Environment Canada and Health Canada, 2012). Концентрации ПФОК также измерялись в пуповинной крови в рамках нескольких исследований по всему миру, и средние концентрации, рассчитываемые на основе медианной и максимальной концентраций, зафиксированы в единых исследованиях на уровне 1,3 нг/мл и 4,1 нг/мл, соответственно (ЕЧА, 2014).

55. Несколько предельных уровней воздействия вещества (ПУВВ), были оценены для характеристики риска для здоровья человека в ЕС (ЕЧА, 2014): 1) DNEL в 209 нг/мл для населения в целом был получен на основе исследования развития (Lau et al., 2006) с учетом наиболее уязвимых индивидов, таких как плод, и воздействия, оказываемого на него в принципиально важный период внутриутробного развития. 2) DNEL в 277 нг/мл для населения в целом был получен на основе второго исследования развития (Abbot et al., 2007 цит. по: ЕЧА, 2014). 3) DNEL в 2 нг/мл для населения в целом был получен на основе исследования Мэсон и коллег (Macon et al., 2011 цит. по: ЕЧА, 2014), которое демонстрирует приостановление развития молочной железы у потомства после воздействия ПФОК во внутриутробный период. Несколько исследований указывают на воздействие малых доз, особенно на эндокринную систему, и DNEL для таких конечных точек необходимо принимать во внимание при оценке риска ПФОК (ЕЧА, 2014). 4) DNEL в 0,3 нг/мл для населения в целом был получен на основе внутренней дозы в ходе группового исследования, демонстрирующего обратно пропорциональную связь между ПФОК и весом при рождении (Fei et al., 2007 в ЕЧА, 2014). Johnson et al. провели мета-анализ имеющейся литературы и пришли к выводу о существовании достаточных данных о воздействии на людей, свидетельствующих о том, что воздействие ПФОК на стадиях развития снижает рост плода (Johnson et al. 2014 цит. по: ЕЧА, 2014). Проводимые на людях исследования уменьшения веса при рождении подкрепляются исследованиями на животных, демонстрирующими аналогичное влияние на рост плода (Kousta et al., 2014 цит. по: ЕЧА, 2014).

Таблица 3а. Соотношение характеристик риска (СХР) рассчитывается для внутренних показателей, измеренных у взрослого населения в целом в зависимости от различных полученных DNEL (источник: ЕЧА, 2014)

ПФОК, нг/мл		ПФОК, нг/мл	Источник для оценки DNEL	СХР	
Внутренние показатели сыворотки крови		DNEL		среднее	высокое
3,5	21	209	Lau et al. 2006	0,02	0,10
3,5	21	277	Abbot et al., 2007 цит. по: ЕЧА, 2014	0,01	0,08
3,5	21	2	Macon et al., 2011 цит. по: ЕЧА, 2014	1,8	10,5
3,5	21	0,3	Fei et al. 2007 цит. по: ЕЧА, 2014	11,7	70

Таблица 3 в. СХР рассчитывается для внутренних показателей, измеренных у детского населения в зависимости от различных полученных DNEL (источник: ЕСНА, 2014)

ПФОК, нг/мл		ПФОК, нг/мл	Источник для оценки DNEL	СХР	
Внутренние показатели сыворотки крови		DNEL		среднее	высокое
6,4	108	209	Lau et al., 2006	0,03	0,51
6,4	108	277	Abbot et al., 2007 цит. по: ЕСНА, 2014	0,02	0,39
6,4	108	2	Macon et al., 2011 цит. по: ЕСНА, 2014	3,2	54

56. При рассмотрении неблагоприятного воздействия ПФОК на здоровье человека были выявлены риски (СХР >1) для населения в целом и для детей, в частности (ср. таблицы 3а и 3б). Кроме этого, для детей народности инуитов, для группы, подверженной наиболее высокому воздействию (показатели сыворотки крови – 11 нг/мл), риск можно ожидать на основе самого низкого DNEL. В то же время, оценка, проведенная в 2012 году Министерством по охране окружающей среды и Министерством здравоохранения Канады, указала пределы воздействия, превышающие 660, на основе сопоставления показателей ПФОК в сыворотке крови, связанных с неблагоприятным воздействием на лабораторных животных (13–77 мкг/мл), с показателями в сыворотке крови или плазме, зафиксированными у взрослых людей, младенцев и детей, не подвергавшихся воздействию в силу профессиональной деятельности (0,00162–0,0195 мкг/мл), и позволила сделать вывод о том, что эти пределы обеспечивают достаточную защиту для учета непредвиденных обстоятельств в базах данных об опасности и воздействии (Environment Canada and Health Canada, 2012).

57. Что касается характеристик риска для окружающей среды, риски веществ СБТ/вСвБ (стойких, биоаккумулируемых, токсичных/весьма стойких, весьма биоаккумулируемых) должным образом не могут быть рассмотрены в количественном отношении из-за высокой доли неопределенности относительно длительного воздействия и последствий (ЕСНА, 2014). Поэтому не были рассчитаны предполагаемые концентрации в окружающей среде (ПКОС) и не были получены прогнозируемые концентрации, не оказывающие воздействия (ПКНВ) в недавно проведенной ЕС характеристике рисков для ПФОК (ЕСНА, 2014). Помимо этого, Европейское агентство по химическим веществам (ЕАХВ) пришло к выводу о том, что информация о тенденциях во времени не является достаточной. Немногие имеющиеся исследования тенденций во времени указывают на тенденцию к снижению в биоте. Поскольку ПФОК не подвергается разложению, эта тенденция к снижению, не подтверждена пробами воды и отложений, что позволяет предположить, что океаны и отложения являются поглотителями ПФОК (ЕСНА, 2014). Кроме этого, в оценке Министерства по охране окружающей среды и Министерства здравоохранения Канады отмечается, что количественные оценки риска для стойких и биоаккумулируемых веществ, таких как ПФОК, являются весьма неопределенными и по всей вероятности будут недооценены и будут иметь ограниченное значение (Environment Canada and Health Canada, 2012).

58. В Канаде количественные характеристики риска для коэффициентов экологического риска для пелагических организмов указывают на низкую вероятность риска со стороны воздействия при текущих концентрациях в водной среде (соотношение ПКОС/ПКНВ находится в диапазоне от 0,001 до 0,6 для различных сценариев воздействия и видов). Коэффициент риска для диких видов млекопитающих Канады (т.е. белых медведей) составляет менее 1; однако в силу стойкости вещества, его тенденции к накоплению и биоусилению в организме различных земных и морских млекопитающих, его гепатоксичности и растущей тенденции во времени для концентраций ПФОК у белых медведей и некоторых других видов, концентрации ПФОК у белых медведей могут приближаться к воздействию, наносящему вред (Environment Canada and Health Canada, 2012).

6. Изложение причин, вызывающих обеспокоенность, заявление о необходимости глобальных действий

6.1 Причины, вызывающие глобальную обеспокоенность

59. На основе имеющихся данных ПФОК, соли ПФОК и родственные ПФОК вещества могут рассматриваться как вещества, удовлетворяющие указанным в приложении D к

Стокгольмской конвенции критериям отбора по стойкости, биоаккумуляции, переносу на большие расстояния и неблагоприятным последствиям

60. Обеспокоенность подтолкнула некоторые страны и компании к осуществлению шагов по сокращению выбросов. Однако ожидается, что ПФОК, соли ПФОК и родственные ПФОК вещества будут использоваться производителями и конечными пользователями во многих районах мира с неизвестными текущими объемами производства.

61. ПФОК, соли ПФОК и родственные ПФОК вещества обладают высокой стойкостью, биоаккумуляцией и токсичностью. Указанную выше причину обеспокоенности дополняет то, что ПФОК, соли ПФОК и родственные ПФОК вещества являются глобальными загрязнителями, поскольку ПФОК и родственные ПФОК вещества обладают потенциалом переноса в окружающей среде на большие расстояния, что превращает выбросы этих веществ в проблему трансграничного загрязнения. Появление и распространение ПФОК сказываются на людях, биоте и глобальной окружающей среде. Поэтому существует необходимость принятия мер в глобальном масштабе.

7. References

3M Co. 1978a. Biodegradation (ABS/LAS Shake Culture Test). St. Paul, MN. Project number 9970612613. U.S. Environmental Protection Agency Administrative Record 226-0489.

3M Co. 1995. Assessment of bioaccumulative properties of ammonium perfluorooctanoic acid: Static fish. U.S. Environmental Protection Agency Administrative Record 226-0496.

3M Co. 2001. Hydrolysis Reactions of Perfluorooctanoic Acid (PFOA). 3M Lab Request Number E00-1851. U.S. Environmental Protection Agency Administrative Record 226-1030a090.

Ahrens, L., Siebert, U., Ebinghaus, R., 2009. Temporal trends of polyfluoroalkyl compounds in harbor seals (*Phoca vitulina*) from the German Bight, 1999-2008. *Chemosphere* 76, 151-158.

Bartell SM, Calafat AM, Lyu C, Kato K, Ryan PB, Steenland K. 2010. Rate of decline in serum PFOA concentrations after granular activated carbon filtration at two public water systems in Ohio and West Virginia. *Environmental Health Perspectives* 118(2):222-228.

Brede E, Wilhelm M, Göen T, Müller J, Rauchfuss K, Kraft M, Hölzer J. 2010 Jun. Two-year follow-up biomonitoring pilot study of residents' and controls' PFC plasma levels after PFOA reduction in public water system in Arnsberg, Germany. *Int J Hyg Environ Health* 213(3):217-223.

Brace, N.O., 1962. Long chain alkanic and alkenic acids with perfluoroalkyl terminal segments. *Journal of organic chemistry*, 4491-4498.

Butt, C.M., Mabury, S.A., Kwan, M., Wang, X., Muir, D.C., 2008. Spatial trends of perfluoroalkyl compounds in ringed seals (*Phoca hispida*) from the Canadian Arctic. *Environ.Toxicol.Chem.* 27, 542-553.

Canada Gazette, 2013. Order Adding Toxic Substances to Schedule 1 to the Canadian Environmental Protection Act, 1999 <http://gazette.gc.ca/rp-pr/p2/2013/2013-11-06/html/sor-dors188-eng.php>

De Witt JC, Peden-Adams, MM, Keller MJ, Germolec DR 2012. Immunotoxicity of Perfluorinated Compounds: Recent Developments. *Toxicologic Pathology*, 40: 300-311, 2012

Dinglasan, M.J., Ye, Y., Edwards, E.A., Mabury, S.A., 2004. Fluorotelomer alcohol biodegradation yields poly- and perfluorinated acids. *Environ.Sci Technol.* 38, 2857-2864.

DuPont Co. 2003. Surface Water Monitoring Report for Washington Works Facility and Local, Letart and Dry Run Landfills. Washington, WV. U.S. Environmental Protection Agency Administrative Record 226-1508.

ECHA, 2013a. Support Document for identification of pentadecafluorooctanoic acid (PFOA) as a substance of very high concern because of its CMR and PBT properties, <http://echa.europa.eu/candidate-list-table/-/substance/305/search/+/term>.

ECHA, 2013b. Support Document for identification of AMMONIUM PENTADECALUOROCTANOATE (АСПФОК) as a substance of very high concern because of its CMR and PBT properties,

<http://echa.europa.eu/documents/10162/31f108f5-56aa-4e24-a02f-c6fd73af6e38>

ECHA, 2014. Annex XV Restriction Report – Proposal for a Restriction Substance Name: PFOA, PFOA salts and PFOA-related substances, version 1.0 (German and Norwegian competent authorities) <http://echa.europa.eu/web/guest/registry-of-submitted-restriction-proposal-intentions>

EFSA European Food Safety Authority 2012 Perfluoroalkylated substances in food: occurrence and dietary exposure. Scientific Report of EFSA. The EFSA Journal: 2012;10(6):2743. European Food Safety Authority (EFSA), Parma, Italy.

Environment Canada, 2012. Ecological Screening Assessment Report. Long-Chain (C9-C20) Perfluorocarboxylic Acids, their Salts and their Precursors.

Environment Canada and Health Canada, 2012. Screening Assessment Report, Perfluorooctanoic Acid, its Salts, and its Precursors

Ellis DA, Mabury SA, Martin J, Stock N. 2004b. Environmental review of perfluorooctanoic acid (PFOA) and its salts. Prepared under contract for, Gatineau, Quebec.

Emmet EA, Shofer FS, Zhang H, Freemann D, Desai C, Shaw LM. 2006. Community exposure to perfluorooctanoate: Relationships between serum concentrations and exposure sources. J Occup Environ Med 48(8):759-770.

Fasano WJ, Kennedy GL, Szostek B, Farrar DG, Ward RJ, Haroun L, Hinderliter PM. 2005. Penetration of ammonium perfluorooctanoate through rat and human skin in vitro. Drug and Chemical Toxicology 28(1):79-90.

Flanary JR, Reiner JL, Helke KL, Kucklick JR, Gulland FMD, Becker PR. 2010. Measurements of perfluorinated compounds in plasma of northern fur seals (*Callorhinus ursinus*) and a preliminary assessment of their relationship to peroxisome proliferation and blood chemistry parameters. Poster presentation at US EPA PFAA Day III: Recent Advances in Perfluoroalkyl Acid (PFAA) Research, June 8-10, 2010, Research Triangle Park, NC.

Franklin J. 2002. Screening assessment for the potential for long-range atmospheric transport of perfluorooctanoic acid. Submitted to Office of Pollution Prevention and Toxics, US Environmental Protection Agency, Washington, DC (OPPT-2003-0012-0183).

Fromme H, Schlummer M, Möller A, Gruber L, Wolz G, Ungewiss J, et al., 2007. Exposure of an adult population to perfluorinated substances using duplicate diet portions and biomonitoring data. Environ. Sci. Technol. 41, 7928-7933

Fromme H, Tittlemier SA, Volkel W, Wilhelm M, Twardella D. 2009. Perfluorinated compounds - Exposure assessment for the general population in western countries. Int J Hyg Environ Health 212(3):239-270.

Gomis MI, Wang Z, Scheringer M, Cousins IT. 2015. A modeling assessment of the physicochemical properties and environmental fate of emerging and novel per- and polyfluoroalkyl substances. Sci Total Environ.;505:981-91

Hanson M, Small J, Sibley P, Boudreau T, Brain R, Mabury S, Solomon K. 2005 Oct. Microcosm Evaluation of the Fate, Toxicity, and Risk to Aquatic Macrophytes from Perfluorooctanoic Acid (PFOA). aect 49(3):307-316.

Haug LS, Thomsen C, Brantsaeter AL, Kvalem HE, Haugen M, Becher G, Alexander J, Meltzer HM, Knutsen HK. 2010b. Diet and particularly seafood are major sources of perfluorinated compounds in humans. Environ Int 36(7):772-778.

Haug, L.S., Huber, S., Becher, G., Thomsen, C., 2011. Characterisation of human exposure pathways to perfluorinated compounds--comparing exposure estimates with biomarkers of exposure. Environ Int 37, 687-693.

Haug, L.S., Thomsen, C., Brantsaeter, A.L., Kvalem, H.E., Haugen, M., Becher, G., Alexander, J., Meltzer, H.M., Knutsen, H.K., 2010. Diet and particularly seafood

Higgins CP, McLeod PB, MacManus-Spencer LA, Luthy RG. 2007 Jul. Bioaccumulation of perfluorochemicals in sediments by the aquatic oligochaete *Lumbriculus variegatus*. Environ Sci Technol 41(13):4600-4606.

Houde M, Bujas TA, Small J, Wells RS, Fair PA, Bossart GD, Solomon KR, Muir DC. 2006. Biomagnification of perfluoroalkyl compounds in the bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) food web. Environ Sci Technol 40(13):4138-4144.

- Hurley MD, Andersen MPS, Wallington TJ, Ellis DA, Martin JW, Mabury SA. 2004. Atmospheric chemistry of perfluorinated carboxylic acids: reaction with OH radicals and atmospheric lifetimes. *J Phys Chem A* 108(4): 615–620.
- Kaiser, M.A., Larsen, B.S., Kao, C.-P.C., Buck, R.C., 2005. Vapor Pressures of Perfluorooctanoic, -nonanoic, -decanoic, -undecanoic, and -dodecanoic Acids. *Journal of Chemical & Engineering Data* 50, 1841-1843.
- Kauck, E.A., Diesslin, A.R., 1951. Some properties of perfluorocarboxylic acids. *Ind Eng Chem* 43, 2332-2334.
- Kelly, B.C., Ikonomou, M.G., Blair, J.D., Surridge, B., Hoover, D., Grace, R., Gobas, F.A.P.C., 2009. Perfluoroalkyl Contaminants in an Arctic Marine Food Web: Trophic Magnification and Wildlife Exposure. *Environmental Science & Technology* 43, 4037-4043.
- Kirk, O., 1994. *Encyclopaedia of Chemical Technology*. 14 th ed. Volumes 1: New York, NY. John Wiley and Sons, 1991-Present., p. V11 551.
- Kissa E. 2001. *Fluorinated Surfactants and Repellents*. Marcel Dekker; New York.
- Knox, S. S., Jackson, T., Javins, B., Frisbee, S. J., Shankar, A., Ducatman, A. M., 2011a. Implications of early menopause in women exposed to perfluorocarbons. *J Clin.Endocrinol.Metab.* 96, 1747-1753.
- Knox, S. S., Jackson, T., Frisbee, S. J., Javins, B., Ducatman, A. M., 2011b. Perfluorocarbon exposure, gender and thyroid function in the C8 Health Project. *J Toxicol Sci* 36, 403-410.
- Kroismayr, R. 2012. *Perfluorinated Compounds: Exposition, Toxicology and Human Biomonitoring*. Master Thesis. University of Applied Sciences Technikum Wien. 2012-2559-DA, Vienna.
- Lam, J., Koustas, E., Sutton, P., Johnson, P. Atchley, D.S., Sen, S., Robinson, K.A., A. Axelrad, D.A., 7 Woodruff, T.J. 2014. *The Navigation Guide—Evidence-Based Medicine Meets Environmental Health: Integration of Animal and Human Evidence for PFOA Effects on Fetal Growth*. *Environmental Health Perspectives* volume 122, 10.
- Lau C, Anitole K, Hodes C, Lai D, Pfahles-Hutchens A, Seed J. 2007. Perfluoroalkyl acids: A review of monitoring and toxicological findings. *Toxicol Sci* 99(2):366-394.
- Lei, Y.D., Wania, F., Mathers, D., Mabury, S.A., 2004. Determination of Vapor Pressures, Octanol–Air, and Water–Air Partition Coefficients for Polyfluorinated Sulfonamide, Sulfonamidoethanols, and Telomer Alcohols. *Journal of Chemical & Engineering Data* 49, 1013-1022.
- Lide, D.R., 2003. *CRC Handbook of Chemistry and Physics*. CRC Press.
- Liou JS, Szostek B, Derito CM, Madsen EL. 2010 Apr. Investigating the biodegradability of perfluorooctanoic acid. *Chemosphere* 80(2):176-183.
- Loi EI, Yeung LW, Taniyasu S, Lam PK, Kannan K, Yamashita N. 2011 Jul. Trophic magnification of poly- and perfluorinated compounds in a subtropical food web. *Environ Sci Technol* 45(13):5506-5513.
- Martin JW, Mabury SA, Solomon KR, Muir DC. 2003 Jan. Bioconcentration and tissue distribution of perfluorinated acids in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Environ Toxicol Chem* 22(1):196-204.
- Martin JW, Mabury SA, Solomon KR, Muir DC. 2003 Janb. Dietary accumulation of perfluorinated acids in juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Environ Toxicol Chem* 22(1):189-195.
- Martin JW, Smithwick MM, Braune BM, Hoekstra PF, Muir DC, Mabury SA. 2004 Jan. Identification of long-chain perfluorinated acids in biota from the Canadian Arctic. *Environ Sci Technol* 38(2):373-380.
- Meesters RJ, Schroeder HF. 2004. Perfluorooctane sulfonate - a quite mobile anionic anthropogenic, surfactant, ubiquitously found in the environment. *Water Sci Technol* 50(5):235-242.
- Melzer, D., Rice, N., Depledge, M. H., Henley, W. E., Galloway, T. S., 2010. Association between serum perfluorooctanoic acid (PFOA) and thyroid disease in the U.S. National Health and Nutrition Examination Survey. *Environ Health Perspect.* 118, 686-692.
- MITI-List. 2002. *Biodegradation and Bioaccumulation of Existing Chemical Substances under the Chemical Substance Control Law*. National Institute of Technology and Evaluation, Japan.
- Moody CA, Field JA. 1999. Determination of perfluorocarboxylates in groundwater impacted by fire- fighting activity. *Environmental Science and Technology* 33(16):2800-2806.

- Moody CA, Hebert GN, Strauss SH, Field JA. 2003 Apr. Occurrence and persistence of perfluorooctanesulfonate and other perfluorinated surfactants in groundwater at a fire-training area at Wurtsmith Air Force Base, Michigan, USA. *J Environ Monit* 5(2):341-345.
- Morikawa A, Kamei N, Harada K, Inoue K, Yoshinaga T, Saito N, Koizumi A. 2005. The bioconcentration factor of perfluorooctane sulfonate is significantly larger than that of perfluorooctanoate in wild turtles (*Trachemys scripta elegans* and *Chinemys reevesii*): an Ai river ecological study in Japan. *Ecotoxicol Environ Saf* 65(1):14-21.
- Müller, C.E., De Silva, A.O., Small, J., Williamson, M., Wang, X., Morris, A., Katz, S., Gamberg, M., Muir, D.C., 2011. Biomagnification of perfluorinated compounds in a remote terrestrial food chain: Lichen-Caribou-wolf. *Environ Sci Technol* 45, 8665-8673.
- Nilsson, H., Karrman, A., Westberg, H., Rotander, A., van Bavel, B., Lindstroem, G., 2010b. A time trend study of significantly elevated perfluorocarboxylate levels in humans after using fluorinated ski wax. *Environ Sci Technol* 44, 2150-2155.
- NILU, 2013. Perfluorinated alkylated substances, brominated flame retardants and chlorinated paraffins in the Norwegian Environment - Screening 2013
- Norwegian Environmental Agency, 2014:
<http://www.miljodirektoratet.no/no/Nyheter/Nyheter/2014/Juni-2014/Overgangsordning-for-PFOA-vedtatt/>
- Olsen, G. W., Church, T. R., Miller, J. P., Burris, J. M., Hansen, K. J., Lundberg, J. K., Armitage, J. B., Herron, R. M., Medhdizadehkashi, Z., Nobiletti, J. B., O'Neill, E. M., Mandel, J. H., Zobel, L. R., 2003a. Perfluorooctanesulfonate and other fluorochemicals in the serum of American Red Cross adult blood donors. *Environ Health Perspect.* 111, 1892-1901.
- Olsen, G. W., Burris, J. M., Burlew, M. M., Mandel, J. H., 2003b. Epidemiologic assessment of worker serum perfluorooctanesulfonate (PFOS) and perfluorooctanoate (PFOA) concentrations and medical surveillance examinations. *J Occup. Environ Med.* 45, 260-270.
- Olsen, G. W., Burris, J. M., Ehresman, D. J., Froehlich, J. W., Seacat, A. M., Butenhoff, J. L., Zobel, L. R., 2007a. Half-life of serum elimination of perfluorooctanesulfonate, perfluorohexanesulfonate, and perfluorooctanoate in retired fluorochemical production workers. *Environ Health Perspect.* 115, 1298-1305.
- Olsen GW, Zobel LR. 2007b. Assessment of lipid, hepatic, and thyroid parameters with serum perfluorooctanoate (PFOA) concentrations in fluorochemical production workers. *Int Arch Occup Environ Health.* 81(2):231-46.
- Organisation for Economic Co-operation and Development, OECD, 2007. Lists of PFOS, PFAS, PFCA, Related compounds and chemicals that may degrade to PFCA.
- Organisation for Economic Co-operation and Development, OECD, 2011. PFCs: Outcome of the 2009 survey: Survey on the production, use and release of PFOS, PFAS, PFOA, PFCA, their related substances and products/mixtures containing these substances. OECD, Paris.
- Post, G.B., Cohn, P.D., Cooper, K.R. 2012. Perfluorooctanoic acid (PFOA), an emerging drinking water contaminant: a critical review of recent literature. *Environ Res.* 2012 Jul;116:93-117. doi: 10.1016/j.envres.2012.03.007. Prevedouros, K., Cousins, I.T., Buck, R.C., Korzeniewski, S.H., 2006. Sources, fate and transport of perfluorocarboxylates. *Environ.Sci Technol.* 40, 32-44.
- Prokop, H.W., Zhou, H.J., Xu, S.Q., Wu, C.H., Liu, C.C., 1989. Analysis of the products from the electrochemical fluorination of octanoyl chloride. *Journal of Fluorine Chemistry* 43, 277-290.
- Quinete N, Wu Q, Zhang T, Yun SH, Moreira I, Kannan K. 2009 Oct. Specific profiles of perfluorinated compounds in surface and drinking waters and accumulation in mussels, fish, and dolphins from southeastern Brazil. *Chemosphere* 77(6):863-869.
- REGULATION (EU) No 944/2013 of 2 October 2013 amending, for the purposes of its adaptation to technical and scientific progress, Regulation (EC) No 1272/2008 of the European Parliament and of the Council on classification, labelling and packaging of substances and mixtures
- Sakr, C. J., Leonard, R. C., Kreckmann, K. H., Slade, M. D., Cullen, M. R., 2007b. Longitudinal study of serum lipids and liver enzymes in workers with occupational exposure to ammonium perfluorooctanoate. *J Occup. Environ Med.* 49, 872-879.
- Siegemund G, Schwertfeger W, Feiring A, Smart B, Behr F, Vogel H, McKusick B. 2000. Fluorine compounds, organic. *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*.

- Schröder HF. 2003 Dec. Determination of fluorinated surfactants and their metabolites in sewage sludge samples by liquid chromatography with mass spectrometry and tandem mass spectrometry after pressurised liquid extraction and separation on fluorine-modified reversed-phase sorbents. *Journal of Chromatography A* 1020(1):131-151.
- Steenland, K., Tinker, S., Frisbee, S., Ducatman, A., Vaccarino, V., 2009. Association of perfluorooctanoic acid and perfluorooctane sulfonate with serum lipids among adults living near a chemical plant. *Am J Epidemiol.* 170, 1268-1278.
- Steenland, K., Tinker, S., Shankar, A., Ducatman, A., 2010. Association of perfluorooctanoic acid (PFOA) and perfluorooctane sulfonate (PFOS) with uric acid among adults with elevated community exposure to PFOA. *Environ Health Perspect.* 118, 229-233.
- Steenland K, Woskie S. Cohort Mortality Study of Workers Exposed to Perfluorooctanoic Acid. 2012. *Am J Epidemiol.* Nov 15;176(10):909-17
- Stock, N.L., Furdui, V.I., Muir, D.C., Mabury, S.A., 2007. Perfluoroalkyl contaminants in the Canadian Arctic: evidence of atmospheric transport and local contamination. *Environ.Sci Technol.* 41, 3529-3536.
- Stasinakis AS, Petalas AV, Mamais D, Thomaidis NS. 2008 Jun. Application of the OECD 301F respirometric test for the biodegradability assessment of various potential endocrine disrupting chemicals. *Bioresour Technol* 99(9):3458-3467.
- Tomy, G.T., Budakowski, W., Halldorson, T., Helm, P.A., Stern, G.A., Friesen, K., Pepper, K., Tittlemier, S.A., Fisk, A.T., 2004. Fluorinated organic compounds in an eastern Arctic marine food web. *Environ.Sci Technol.* 38, 6475-6481.
- Tomy, G.T., Pleskach, K., Ferguson, S.H., Hare, J., Stern, G., MacInnis, G., Marvin, C.H., Loseto, L., 2009. Trophodynamics of Some PFCs and BFRs in a Western Canadian Arctic Marine Food Web. *Environmental Science & Technology* 43, 4076-4081.
- UNEP, 2014. Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants <http://www.pops.int>
- UNEP/POPS/POPRC.3/INF/8, 2007. Additional information related to assessment of bioaccumulation data under Annex D of the Convention, Geneva.
- U.S. EPA. 2006 2010/15 PFOA Stewardship Program; United States Environmental Protection Agency (US EPA). <http://epa.gov/oppt/pfoa/pubs/stewardship/index.html>
- U.S. EPA, 2009. Long-Chain perfluorinated Chemicals (PFCs) Action Plan, http://www.epa.gov/oppt/existingchemicals/pubs/pfcs_action_plan1230_09.pdf.
- U.S. EPA. 2014. Emerging Contaminants – Perfluorooctane Sulfonate (PFOS) and Perfluorooctanoic Acid (PFOA)
- van der Putte, I., Murin, M., van Velthoven, M., Affourtit, F., 2010. Analysis of the risks arising from the industrial use of Perfluorooctanoic Acid (PFOA) and Ammonium Perfluorooctanoate (ACPFOK) and from their use in consumer articles. Evaluation of the risk reduction measures for potential restrictions on the manufacture, placing on the market and use of PFOA and ACPFOK. European Commission, DG Enterprise and Industry, for the European Commission, DG Enterprise and Industry. Report TOX08.7049.FR03.
- van den Heuvel-Greve M, Leonards P, Brasseur S, Kotterman M, Zabel A, Vethaak D. 2009. Bioaccumulation of perfluorinated compounds in a harbour seal food web in the Westerschelde, the Netherlands: a field study. In: Poster presentation at SETAC North America, New Orleans.
- Wang, N., Szostek, B., Buck, R.C., Folsom, P.W., Sulecki, L.M., Capka, V., Berti, W.R., Gannon, J.T., 2005. Fluorotelomer alcohol biodegradation-direct evidence that perfluorinated carbon chains breakdown. *Environ.Sci Technol.* 39, 7516-7528.
- Wang, N., Szostek, B., Buck, R.C., Folsom, P.W., Sulecki, L.M., Gannon, J.T., 2009. 8-2 fluorotelomer alcohol aerobic soil biodegradation: pathways, metabolites, and metabolite yields. *Chemosphere* 75, 1089-1096.
- Washburn, S.T., Bingman, T.S., Braithwaite, S.K., Buck, R.C., Buxton, L.W., Clewell, H.J., Haroun, L.A., Kester, J.E., Rickard, R.W., Shipp, A.M., 2005. Exposure Assessment and Risk Characterization for Perfluorooctanoate in Selected Consumer Articles. *Environmental Science & Technology* 39, 3904-3910.

Ylinen, M., Kojo, A., Hanhijarvi, H., Peura, P., 1990. Disposition of perfluorooctanoic acid in the rat after single and subchronic administration. *Bull Environ Contam Toxicol* 44, 46-53.

Zhang, S., Szostek, B., McCausland, P.K., Wolstenholme, B.W., Lu, X., Wang, N., Buck, R.C., 2013. 6:2 and 8:2 fluorotelomer alcohol anaerobic biotransformation in digester sludge from a WWTP under methanogenic conditions. *Environ Sci Technol* 47, 4227-4235.
