



ПФАС В ОДЕЖДЕ

ИССЛЕДОВАНИЕ В ИНДОНЕЗИИ, КИТАЕ И РОССИИ ПОКАЗЫВАЕТ БАРЬЕРЫ ДЛЯ НЕТОКСИЧНОЙ МНОГООБОРОТНОЙ ЭКОНОМИКИ

февраль 2022 г.



Во имя будущего без токсичных веществ

ПФАС В ОДЕЖДЕ: ИССЛЕДОВАНИЕ В ИНДОНЕЗИИ, КИТАЕ И РОССИИ ПОКАЗЫВАЕТ БАРЬЕРЫ ДЛЯ НЕТОКСИЧНОЙ МНОГООБОРОТНОЙ ЭКОНОМИКИ

ФЕВРАЛЬ 2022 Г.

Авторы

Житка Стракова^{1,2}, Валерия Гречко², Сара Броше¹, Тереза Карлссон¹, Вито Буонсанте¹

Соавторы

Ольга Сперанская^{1,3}, Ольга Понизова³, Ярослав Гурский³, Оксана Цицер³, Ююн Исмавати⁴, Анантика Анисса⁴, Кришна Заки⁴

1 Международная сеть по ликвидации загрязнителей (IPEN), Швеция ; 2 Arnika – Программа по токсичным веществам и отходам, Прага, Чехия; 3 Эко-Согласие, Россия; 4 Nexus3, Денсапар, Бали, Индонезия



Во имя будущего без токсичных веществ

IPEN - это сеть неправительственных организаций, работающих в более чем 120 странах с целью снижения и устранения вреда для здоровья человека и окружающей среды от токсичных химических веществ.

www.ipen.org



Arnika - это чешская неправительственная организация, основанная в 2001 году. Ее миссией является охрана природы и здоровой окружающей среды для будущих поколений, как в своей стране, так и за рубежом.

www.arnika.org



нное исследование было проведено с финансовой поддержкой со стороны Шведского агентства по охране окружающей среды.

© 2022. Международная сеть по ликвидации загрязнителей (International Pollutants Elimination Network). Все права защищены.

Производственная группа IPEN: Бьорн Билер, Тим Уорнер, Бетти Валунд

При цитировании просьба ссылаться на эту публикацию следующим образом: Ж. Стракова, В. Гречко, С. Броше, Т. Карлссон, В. Буонсанте. *ПФАС в одежде: Исследование в Индонезии, Китае и России показывает барьеры для нетоксичной многооборотной экономики*. Международная сеть по ликвидации загрязнителей (IPEN), Февраль 2022 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Проблема ПФАС.....	5
Методология.....	10
Результаты.....	13
Обсуждение.....	17
Выводы и рекомендации	20
Приложение.....	23
Литература	27

СОКРАЩЕНИЯ

ПФАС	пер- и полифторалкильные соединения
ПФКК	перфторированная карбоновая кислота
ПФОК	перфтороктановая кислота
ПФОС	перфтороктансульфонат
ФТС	фтортеломерные спирты
ФТКК	фтортеломерные карбоновые кислоты
ФТАК/ФТМАК	фтортеломерные акрилаты и метакрилаты
ФТСА	фтортеломерные сульфамиды
ФТМФЭ	фтортеломерные меркаптоалкилфосфорные эфиры

ПРОДУКТОВ, СОДЕРЖАЩИЕ ПФАС



КОСМЕТИКА



БУМАГА ДЛЯ ВЫПЕЧКИ



ОБЕРТКИ ДЛЯ КОНФЕТ



ПАКЕТЫ ДЛЯ ПОПКОРНА



**ГРЯЗЕОТТАЛКИВАЮЩАЯ
ОДЕЖДА**



**ПРОТИВОПРИГАРНЫЕ
СКОВОРОДКИ**



ЗУБНЫЕ НИТИ



КОРОБКИ ДЛЯ ПИЦЦЫ



ГИДРОИЗОЛЯЦИЯ



КРАСКИ И ГЕРМЕТИКИ



**ТАРА ДЛЯ ПИЩЕВЫХ
ПРОДУКТОВ**



ЧИСТЯЩИЕ СРЕДСТВА

ПРОБЛЕМА ПФАС

РПФАС (пер- и полифторалкильные соединения) представляют собой большую группу из более чем 4700 синтетических органических соединений^[1], которые повсеместно применяются в потребительских и профессиональных товарах. Они используются для придания продуктам водоотталкивающих, жироталкивающих и грязеоталкивающих свойств и обычно используются в водонепроницаемых плащах, в упаковке для пищевых продуктов, а также в посуде с антипригарным покрытием и в противопожарных пенах. Но при этом большинство видов использования ПФАС не являются жизненно необходимыми для функционирования общества и для них имеются более безопасные альтернативы, которые вполне можно было бы использовать вместо ПФАС^[2]. Во всех ПФАС имеются очень прочные химические связи между атомами углерода (С) и фтора (F). Эти химические связи обеспечивают высокую стабильность молекул ПФАС, что и дает им метафорическое название «вечные химические вещества».

Стабильность ПФАС делает их очень стойкими к разложению и приводит к их накоплению в окружающей среде^[3, 4]. ПФАС - или «вечные химические вещества» - были обнаружены в воздухе^[5], почвах^[4], в воде^[4, 6], включая источники питьевой воды^[6, 7] и в домашней пыли^[8, 9]. Исследования показали, что ПФАС выбрасываются в окружающую среду на всех этапах своего жизненного цикла, включая производство^[10-12], при использовании в продуктах^[13] и после окончательного удаления в виде отходов^[14-16]. После попадания в окружающую среду они способны к переносу на большие расстояния и могут обнаруживаться вдали от мест своего происхождения, в том числе в Арктике^[17-19].

Люди также постоянно подвергаются воздействию ПФАС. Питьевая вода и продукты питания признаны основными маршрутами экспозиции человека по ПФАС; но важную роль играет также экспозиция за счет пыли, среды обитания в помещениях, средств личной гигиены и потребительских товаров^[20]. На сегодняшний день в исследованиях по биомониторингу человека ПФАС были выявлены в грудном молоке, моче и образцах крови человека, включая сыворотку, плазму и цельную кровь^[21-26]. Научные исследования концентраций ПФАС в крови человека показывают, что маргинализованные сообщества, живущие в загрязненных и промышленных районах, особенно подвержены воздействию ПФАС^[25]. Более того, в одном недавнем исследовании ПФАС были обнаружены в грудном молоке у всех 50 обследованных матерей из США^[27].

Было показано, что ПФАС связаны с рядом негативных воздействий на здоровье, включая негативное влияние на фертильность, на развитие плода^[28]

и на функцию гормонов щитовидной железы^[29, 30]. Правильное функционирование гормонов щитовидной железы важно на нескольких этапах жизни; это, например, жизненно важный фактор для развития мозга плода и новорожденного во время беременности и критический фактор для симптомов менопаузы в постменопаузальном возрасте. На негативное влияние ПФАС на иммунную систему и их способность делать вакцины менее эффективными^[31-33] обращали особое внимание в контексте пандемии COVID-19. Было также установлено, что повышенный уровень ПФАС в крови связан с повышенным риском более тяжелого течения заболевания при инфицировании COVID-19^[34].

ПРИ ВТОРИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ ПРОДУКТОВ, ОБРАБОТАННЫХ ПФАС, ОНИ МОГУТ БЕСКОНТРОЛЬНО РАСПРОСТРАНЯТЬСЯ И ЗАГРЯЗНЯТЬ НОВЫЕ ПРОДУКТЫ ... ЧТО ПОДРЫВАЕТ ВОЗМОЖНОСТЬ ПЕРЕХОДА К ЧИСТОЙ МНОГООБОРОТНОЙ ЭКОНОМИКЕ.

Учитывая, что 1) ПФАС постоянно выбрасываются в окружающую среду, где они сохраняются до уровня, который и дал им заслуженное название «вечные химические вещества», 2) биомониторинговые исследования регулярно выявляют ПФАС у людей и 3) ПФАС связаны с широким кругом негативных воздействий на окружающую среду и на здоровье человека, а их широкое применение создает проблемы для многооборотной экономики. Когда обработанные ПФАС продукты перерабатываются, ПФАС могут бесконтрольно распространяться и загрязнять новые продукты, расширяя токсичное наследие этих химических веществ и подрывая возможности для перехода к чистой многооборотной экономике.

ПРИМЕНЕНИЕ ПФАС В ТЕКСТИЛЬНОЙ ВЕРХНЕЙ ОДЕЖДЕ

На долю применения ПФАС в текстильном секторе приходится около 50% от их общего мирового применения^[16]. Производители текстиля используют такие свойства ПФАС как маслостойкость и водостойкость для производства грязеотталкивающих и водоотталкивающих материалов^[35, 36]. Соответственно, ПФАС широко используются в качестве водо- и грязеотталкивающих средств и пропиток^[13, 37, 38] для верхней одежды и аксессуаров для занятий спортом на открытом воздухе (например, для водонепроницаемой обуви, курток, рюкзаков, палаток)^[13, 39, 40]. ПФАС также используются для обработки кожи^[13] и бытовых текстильных изделий, таких как ковры и скатерти^[13]. Большинство видов использования ПФАС в текстильных изделиях не имеют существенно важного значения, и для них имеются альтернативы^[35, 41]. Химические вещества на основе парафина и силикона вполне могут служить их заменителями, обеспечивающими водоотталкивающие



свойства^[16]. Нехимические альтернативы для текстильных изделий включают применение плотных тканей и материалов на растительной основе^[42].

И тем не менее, в текстильных изделиях часто используется широкий спектр различных ПФАС и как показали исследования, в текстильных изделиях были обнаружены несколько ПФАС, таких как фтортеломерные спирты (ФТС), фтортеломерные (мет) акрилаты (ФТАК/ФТМАК), перфторалкилкарбоновые кислоты (ПФАКК), фтортеломерные карбоновые кислоты (ФТКК), перфторалкансульфоновые кислоты (ПФАСК) и фтортеломерные сульфоновые кислоты (ФТС), а также производные ПФАС (например, сульфонамид, сульфонамидозтанол) ^[13, 16].

Использование ПФАС в текстильных изделиях и в верхней одежде увеличивает как загрязнение окружающей среды, так и экспозицию человека по этим веществам, поскольку ПФАС выбрасываются в окружающую среду на всех этапах производства текстильной продукции (т.е. в процессе производства, при использовании и при конечной утилизации). На этапе производства текстильные фабрики загрязняют окружающую среду выбросами в атмосферу и сбросами сточных вод^[11] и подвергают рабочих воздействию ПФАС^[43]. ПФАС улетучиваются, выветриваются и вымываются из текстильных изделий во время их использования^[39]. В магазинах спортивной одежды были обнаружены до 30 раз более высокие концентрации ФТС по сравнению с магазинами на открытом воздухе^[44]. К сожалению, на традиционных станциях очистки стоков обычно не имеется технологий для отделения и разложения ПФАС и в результате ПФАС, поступающие с водой после стирки, сбрасываются в водотоки^[45-47]. Короткоцепочечные ПФАС обнаруживаются даже гораздо чаще, поскольку они обладают большей стойкостью и подвижностью в водной среде, чем длинноцепочечные ПФАС и

поэтому они могут представлять больший риск для окружающей среды и здоровья человека^[48]. В конце срока службы обработанных ПФАС изделий они попадают на свалки, где ПФАС мигрируют из отходов в свалочный инфильтрат^[14, 49], при сжигании они выбрасываются с отходящими газами и золой^[49, 50] или же поступают в новые продукты при переработке^[51, 52].

НОРМАТИВНО-ПРАВОВАЯ БАЗА

Широко используются два представителя группы ПФАС: перфтороктансульфонат (ПФОС) и перфтороктановая кислота (ПФОК) - оба этих соединения включают цепочку из восьми перфторированных атомов углерода (C8) и двух атомов углерода, не соединенных с фтором. ПФОС был включен в глобальный список Стокгольмской конвенции для ограничений в 2009 году, а ПФОК включили в список для глобальной ликвидации в 2019 году. Включение ПФОС в список Стокгольмской конвенции приобрело законную силу в Индонезии и Китае в 2010 и 2014 годах, соответственно. До сих пор ПФОС в Китае разрешено использовать для 7 допустимых видов применения. Включение ПФОК в список приобрело законную силу для большинства стран, включая Индонезию, 3 декабря 2020 года. В Китае этого еще не сделали. Включение этих веществ в оба списка в России еще не утвердили.

Стокгольмская конвенция позволяет исключение на срок в пять лет для использования ПФОК в текстильных изделиях, но только для «защиты рабочих от опасных жидкостей, представляющих риск для их здоровья и безопасности». В ЕС были внедрены глобальные ограничения на ПФОС и ПФОК, наряду с положением, ограничивающим использование ПФОК и ПФОС показателем до 1 микрограмма на квадратный метр (мкг/м²) для текстильных изделий и для других изделий с покрытиями^[53].

Поскольку ПФОС и ПФОК оказались под давлением регулирующих органов, промышленность перешла на менее регулируемые ПФАС с аналогичными свойствами. В 2019 году комитет экспертов Стокгольмской конвенции рекомендовал без исключений включить заменитель ПФОС (перфторгексансульфоновую кислоту или ПФГкС) в список для глобальной ликвидации. Ожидается, что это решение будет принято на Конференции Сторон Стокгольмской конвенции в 2022 году.

Из-за постепенно усиливающегося регулирования длинноцепочечных ПФАС их все чаще заменяют короткоцепочечными заменителями из этой же группы. Несмотря на их более низкую склонность к биоаккумуляции, короткоцепочечные ПФАС вызывают растущее беспокойство, поскольку они повсеместно распространены в окружающей среде, включая отдаленные районы^[54]. Исследования полимеров на основе фтортеломеров с боковыми цепями показали, что они не являются приемлемыми заменителями

ПФАС в производстве бумаги и текстильных потребительских товаров, поскольку из них могут выделяться ПФАС в окружающую среду^[55].

Помимо положений Стокгольмской конвенции, Индонезия и Россия не ввели для ПФАС каких-либо дополнительных мер регуляторного контроля. В Китае ПФОС, его соли и ПФОСФ (перфтороктансульфонилфторид) были включены в Список химических веществ, подлежащих контролю в первоочередном порядке в 2017 году и в Список строго ограниченных токсичных и опасных химических веществ. ПФОК и ее соли были включены в Список химических веществ, подлежащих контролю в первоочередном порядке в 2020 году.

ЦЕЛИ И ОХВАТ ИССЛЕДОВАНИЯ

Это исследование было проведено для оценки использования ПФАС в синтетической верхней и спортивной одежде в Китае, Индонезии и России при помощи анализа на присутствие 55 целевых ПФАС в водонепроницаемой и грязеотталкивающей одежде. Исследование проводилось IPEN совместно с партнерскими организациями Arnika (Чехия), Toxics-Free Corps (Китай), Nexus 3 (Индонезия) и Эко-Согласие (Россия).

Это исследование призвано внести свой вклад в обсуждение целостности нетоксичной многооборотной экономики и общей возможности вторичной переработки потребительских товаров, содержащих опасные «вечные химические вещества».



Некоторые из протестированных образцов включали перчатки из России и Китая и головной убор (хиджаб) из Индонезии.

МЕТОДОЛОГИЯ

СБОР ОБРАЗЦОВ

Партнерские организации IPEN Nexus 3 (Индонезия), Эко-Согласие (Россия) и Toxics-Free Corps (Китай) закупили синтетические зимние перчатки или другую верхнюю одежду (для взрослых и детей), которая должна быть водо- и грязеотталкивающей. В общей сложности за октябрь-ноябрь 2020 года собрали 41 единицу синтетических текстильных изделий в Китае (18 пар зимних перчаток), в России (15 пар зимних перчаток) и в Индонезии (2 пары спортивных перчаток и 6 дополнительных образцов верхней одежды). Все товары закупили в популярных магазинах одежды или в интернет-магазинах.

В силу бюджетных соображений для лабораторного анализа отобрали 25 изделий из 41. Отобранные образцы охватывали разные страны и разные виды товаров. Сводка образцов для лабораторного анализа приведена в Табл. 1.

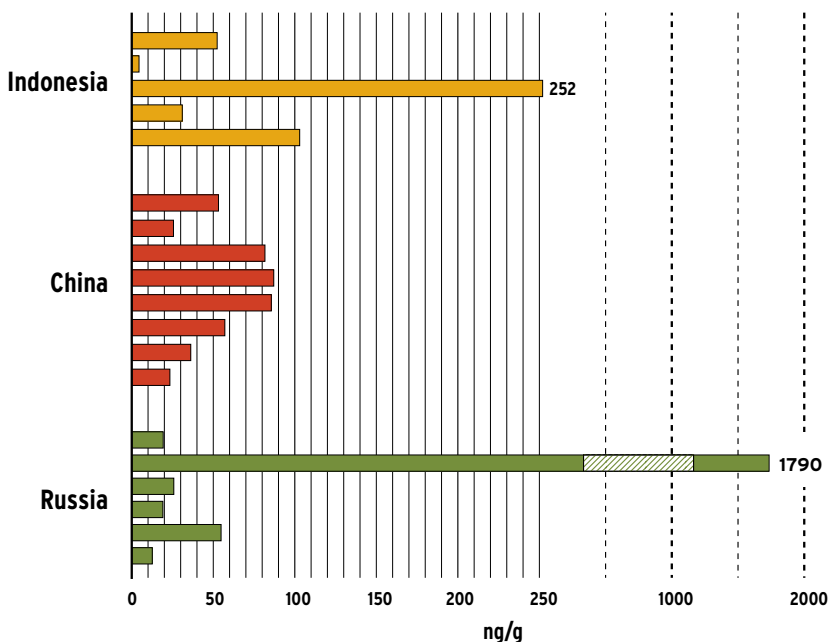
Табл 1: СВОДКА ОБРАЗЦОВ ДЛЯ ЛАБОРАТОРНОГО АНАЛИЗА

	Китай	Россия	Индонезия
Спортивные/зимние перчатки	10	10 (включая 7 детских перчаток)	2
Спортивная футболка	-	-	1
Хиджаб	-	-	1
Спортивные брюки	-	-	1

ОБНАРУЖЕНИЕ И КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПФАС

25 образцов были отправлены на анализ на факультет анализа пищевых продуктов и питания Химико-технологического университета в Праге, Чехия. От каждого предмета отрезали 100 см² ткани и анализировали. Для целевого анализа были отобраны 55 веществ группы ПФАС, исходя из доступности стандартов (полный список проанализированных ПФАС с соответствующими пределами количественного определения представлен в Приложении 1).

Graph 1: Concentrations of 8:2 FTOH in synthetic wear



Анализ включал экстракцию смесью метанол: этилацетат и проводился с использованием ультравысокоэффективной жидкостной хроматографии в сочетании с тандемной масс-спектрометрией с ионизацией электрораспылением в отрицательном режиме (УВЭЖХ-ИЭР-МС/МС) для всех ПФАС, кроме ФТС.

Отобранные ФТС анализировали с использованием газовой хроматографии в сочетании с тандемной масс-спектрометрией, работающей при химической ионизации положительными ионами (ГХ-ХИПИ-МС/МС).

РЕЗУЛЬТАТЫ

По меньшей мере, один из 55 целевых ПФАС обнаружили в 84% образцов проанализированной верхней и спортивной одежды (21 из 25 образцов). Наличие ПФАС было подтверждено во всех образцах зимних перчаток из Китая, во всех образцах спортивных перчаток и верхней одежды (хиджаб, брюки, футболка) из Индонезии, во всех образцах взрослых зимних перчаток из России и в 57% (4/7) детских зимних перчаток из России.

Было установлено, что из 55 целевых химических веществ группы ПФАС, для 3 веществ (8:2 ФТС, 12:2 ФТС и 6:2 ФТФД) результаты превышают соответствующие пределы количественного определения (ПКО) (1,6 нг/г для 8:2 ФТС и 26 нг/г для 12:2 ФТС и 6:2 ФТФД) в анализируемых образцах. Еще одно соединение группы ПФАС (6:2/8:2 ФТФД) в образцах обнаружили, но не определяли количественно. Полные результаты анализов (нг/г) представлены в Табл. 2 ниже.

Наиболее распространенным соединением группы ПФАС был 8:2 ФТС, который обнаруживался в 84% всех синтетических текстильных образцов. Он присутствовал во всех проанализированных образцах, за исключением четырех пар детских зимних перчаток из России. Концентрации 8:2 ФТС находились в диапазоне 4,46-1791 нг/г (со средним значением в 52,4 нг/г). Самая высокая концентрация 8:2 ФТС (1 791 нг/г) была определена в зимних перчатках из России (Ид. код образца RUS-PFAS-03) (см. более подробную информацию на Рис. 1).

В 4 образцах перчаток помимо 8:2 ФТС обнаруживался еще и 12:2 ФТС. В дополнение к 8:2 ФТС, оба 6:2 ФТФД и 6:2/8:2 ФТФД присутствовали в повышенных количествах (30 178 и 679 нг/г, соответственно) в хиджабе, купленном в Индонезии (Ид. код образца IND-PFAS-05).

ТАБЛ 2: ОБНАРУЖЕННЫЕ И КОЛИЧЕСТВЕННО ОПРЕДЕЛЕННЫЕ ПФАС В ПРОАНАЛИЗИРОВАННЫХ ОБРАЗЦАХ ВЕРХНЕЙ И СПОРТИВНОЙ ОДЕЖДЫ

Страна происх.	Ид. код образца	Тип образца	Материал	8:2 ФТС (нг/г)	12:2 ФТС (скрининг)	6:2 ФТФД (нг/г)	6:2/
Россия	RUS-PFAS-01	Зимняя перчатка для взрослых / подростков	Полиэфир	19,3	Не обнаружен	<ПКО	<ПКО
Россия	RUS-PFAS-03	Зимняя перчатка для взрослых / подростков	Полиэфир	1 790	Не обнаружен	<ПКО	<ПКО
Россия	RUS-PFAS-04	Детская зимняя перчатка	Полиэфир	25,8	Не обнаружен	<ПКО	<ПКО
Россия	RUS-PFAS-05	Детская зимняя перчатка	Полиэфир	<ПКО	Не обнаружен	<ПКО	<ПКО
Россия	RUS-PFAS-07	Детская зимняя перчатка	Полиэфир	<ПКО	Не обнаружен	<ПКО	<ПКО
Россия	RUS-PFAS-08	Детская зимняя перчатка	Полиэфир	<ПКО	Не обнаружен	<ПКО	<ПКО
Россия	RUS-PFAS-10	Детская зимняя перчатка	Полиэфир	19,1	Обнаружен	<ПКО	<ПКО
Россия	RUS-PFAS-11	Зимняя перчатка для взрослых / подростков	Полиэфир	54,8	Не обнаружен	<ПКО	<ПКО
Россия	RUS-PFAS-12	Детская зимняя перчатка	Полиэфир	<ПКО	Не обнаружен	<ПКО	<ПКО
Россия	RUS-PFAS-15	Детская зимняя перчатка	Полиактам	12,6	Не обнаружен	<ПКО	<ПКО
Индонезия	IND-PFAS-01	Футболка для взрослых	Хлопок высокого качества	52,4	Не обнаружен	<ПКО	<ПКО
Индонезия	IND-PFAS-04	Проголочная перчатка	Полиактам Полиэфир	4,47	Не обнаружен	<ПКО	<ПКО
Индонезия	IND-PFAS-05	Хиджаб	Полиактам Полиэфир	252	Не обнаружен	30 178	679
Индонезия	IND-PFAS-06	Спортивные брюки	Таслан водонепр.	31,0	Не обнаружен	<ПКО	<ПКО
Индонезия	IND-PFAS-07	Перчатка для взрослых	Флис + Полиэфир	103	Обнаружен	<ПКО	<ПКО



Хотя большинство протестированных в данном исследовании предметов были рассчитаны на снегоотталкивающие свойства, высокий уровень ПФАС, особенно ФТФД, был обнаружен в хиджабе из Индонезии, где для верхней одежды могут требоваться грязеотталкивающие свойства. *istimewa*

Страна происхождения	Ид. код образца	Тип образца	Материал	8:2 ФТС (нг/г)	12:2 ФТС (скрининг)	6:2 ФТФД (нг/г)	6:2/
Китай	CHN-PFAS-02	Зимняя перчатка для взрослых	Хлопок	53,2	Не обнаружен	<ПКО	<ПКО
Китай	CHN-PFAS-03	Зимняя перчатка для взрослых	Полиактам Полиэфир	25,6	Не обнаружен	<ПКО	<ПКО
Китай	CHN-PFAS-04	Зимняя перчатка для взрослых	Верх - таслан, а подкладка - неск. ткань	81,7	Не обнаружен	<ПКО	<ПКО
Китай	CHN-PFAS-07	Зимняя перчатка для взрослых	Хлопок	87,1	Не обнаружен	<ПКО	<ПКО

Страна происх.	Ид. код образца	Тип образ- ца	Материал	8:2 ФТС (нг/г)	12:2 ФТС (скрининг)	6:2 ФТФД (нг/г)	6:2/ 6:2/
Китай	CHN-PFAS-08	Зимняя перчатка для взрослых	Верх - таслан, а подкладка - ПУ	85,6	Не обнаружен	<ПКО	<ПКО
Китай	CHN-PFAS-09	Зимняя перчатка для взрослых	Таслан	57,1	Не обнаружен	<ПКО	<ПКО
Китай	CHN-PFAS-11	Зимняя перчатка для взрослых	Водонепр. дышащая ткань	36,2	Не обнаружен	<ПКО	<ПКО
Китай	CHN-PFAS-12	Зимняя перчатка для взрослых	Хлопок	23,4	Не обнаружен	<ПКО	<ПКО
Китай	CHN-PFAS-14	Зимняя перчатка для взрослых	Таслан	129	Обнаружен	<ПКО	<ПКО
Китай	CHN-PFAS-18	Зимняя перчатка для взрослых	Таслан	31,0	Обнаружен	<ПКО	<ПКО

ОБСУЖДЕНИЕ

ФТОРТЕЛОМЕРНЫЕ СПИРТЫ (ФТС) И ФТОРТЕЛОМЕРНЫЕ ФОСФОРНЫЕ ДИЭФИРЫ (ФТФД) В СИНТЕТИЧЕСКОЙ ВЕРХНЕЙ И СПОРТИВНОЙ ОДЕЖДЕ ВЫЗЫВАЮТ ОЗАБОЧЕННОСТЬ У ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

8:2 ФТС был определен количественно в 21 из 25 образцов (84%) проанализированной верхней и спортивной одежды. Фтортеломерные спирты являются исходными химическими веществами и промежуточными побочными продуктами разложения при производстве большинства коммерческих ПФАС, включая полимеры на основе фтортеломеров. Их присутствие указывает на обработку изделий веществами из группы ПФАС, даже если конкретное наименование ПФАС неизвестно.

Было показано, что ФТС выделяются из изделий, подобных изученным в данном исследовании^[56] и существует множество токсикологических проблем, связанных как с самими ФТС, так и с продуктами их разложения. Оба типа таких веществ связаны с гепатотоксичностью, раком молочной железы, негативным воздействием на репродуктивную систему и нарушениями развития^[57]. Таким образом, результаты данного исследования вызывают особую озабоченность в связи с детскими зимними перчатками из России, так как дети могут подвергаться воздействию ФТС от перчаток в большей степени, чем взрослые, поскольку гораздо чаще суют руки в рот^[58].

В частности, при ношении и старении водоотталкивающей одежды 8:2 ФТС разлагается до перфторкарбоновых кислот (ПФКК), включая запрещенную во всем мире перфтороктановую кислоту (ПФОК)^[39]. В конечном итоге ФТС, присутствующие в отходах, также могут разлагаться на ПФКК и загрязнять окружающую среду^[55, 59].

В хиджабе, который был закуплен в Индонезии, в дополнение к 8:2 ФТС, были обнаружены еще 6:2 ФТФД и 6:2/8:2 ФТФД (30 178 и 679 нг/г, соответственно). Поскольку исследование в Европе и в Америке уже много лет не сообщало о присутствии ФТФД в текстиле и одежде, то применение ФТФД, похоже, является географически ограниченным. 6:2 ФТФД разлагается до ПФГкК и ПФГпК, а 8:2 ФТФД - до ПФОК и ПФНК, по которым действуют ограничения на глобальном уровне^[60]. Поскольку ФТФД относятся к менее изученным ПФАС, то связанные с ними токсикологические проблемы до сих пор преимущественно ограничиваются токсичными свой-

ствами продуктов их разложения (см. приведенную выше информацию о токсикологических проблемах, связанных с продуктами разложения ФТС).

Ограниченное количество идентифицируемых ПФАС в образцах текстиля согласуется с предыдущими исследованиями^[16, 40, 61]. Это указывает как на текущие ограничения используемых аналитических методов, которые не позволяют идентифицировать такие ПФАС как фторированные полимеры, так и отсутствие коммерчески доступных стандартов, позволяющих идентифицировать и количественно определять все профильные ПФАС, используемые для обработки текстиля^[62-65]. В этом отношении четыре выявленных ПФАС - это только верхушка айсберга. Несмотря на то, что они не идентифицированы индивидуально, другие потенциально присутствующие ПФАС вызывают беспокойство из-за их способности сохраняться и накапливаться в окружающей среде. Их сложно не только идентифицировать, но и контролировать и удалять, когда они попадают в окружающую среду.

ХАРАКТЕР ОБРАБОТКИ ПФАС – ПОТЕНЦИАЛЬНОЕ ПРОТИВОРЕЧИЕ С ЦЕЛЯМИ СТОКГОЛЬМСКОЙ КОНВЕНЦИИ

Наши результаты для фтортеломерного спирта 8:2 ФТС позволяют предположить, что водоотталкивающие свойства протестированных образцов текстильной верхней одежды из Китая, Индонезии и России были достигнуты за счет применения полимеров на основе фтортеломеров с боковыми цепями (ФТП), состоящих из нефторированного каркаса с C8 полифторалкильными боковыми цепями^[66]. ФТП отвечают за присутствие 8:2 ФТС в анализируемых образцах. 8:2 ФТС может далее разлагаться до ПФОК. Таким образом, использование ФТП подрывает цели Стокгольмской конвенции по глобальному прекращению выбросов ПФОК, ее солей и связанных с ПФОК соединений при помощи мер по прекращению производства и использования химических веществ, подпадающих под действие Конвенции, поскольку это приводит к воздействию ПФОК на окружающую среду.

Наличие ПФАС, состоящих из цепочки из восьми перфторированных атомов углерода (C8), было установлено в текстильных изделиях в предыдущих исследованиях Swerea IVF в 2009 году^[67] и Greenpeace в 2013 году^[40], но в Европе и США эту практику, похоже, заменили в последние годы применением полимеров с короткоцепочечными полифторалкильными боковыми цепями^[16, 68]. Однако, результаты данного исследования показывают, что переход к заменителям с более короткой цепью в Китае, Индонезии и России происходит медленнее, чем в других странах, где ПФАС находятся под пристальным вниманием общественности. У этих стран есть шанс пропустить этап замены длинноцепочечных ПФАС короткоцепочечным альтернативами, поскольку короткоцепочечные ПФАС также связаны с широким кругом проблем для здоровья человека и для окружающей среды.

Применение короткоцепочечных ПФАС должно быть поэтапно прекращено вместе с применением всех других ПФАС во всем мире.

ПФАС В СИНТЕТИЧЕСКОЙ ВЕРХНЕЙ И СПОРТИВНОЙ ОДЕЖДЕ: БАРЬЕР ДЛЯ НЕТОКСИЧНОЙ МНОГООБОРОТНОЙ ЭКОНОМИКИ

Поскольку перерабатывается только часть бывшей в употреблении синтетической верхней одежды и спортивной одежды, изученные в данном исследовании виды одежды в большинстве случаев оказываются на свалках или сжигаются^[69]. Утилизация обработанной ПФАС одежды на муниципальных мусоросжигательных заводах, скорее всего приводит к выбросам ПФАС, фторированных парниковых газов и других продуктов неполного сгорания в окружающую среду^[70]. Кроме того, некоторое количество ПФАС остается в летучей золе после сжигания^[49, 50].

Но в целом спрос на вторичный переработанный текстиль растет из-за возросшего давления в сторону более многооборотной экономики. Когда полиэфирные материалы подвергаются механической переработке, продукты с истекшим сроком службы, вероятно, будут перерабатываться в более дешевые продукты (т.е. превращаться в продукты с более низкой стоимостью, такие как наполнители для мебели и изоляции)^[71], и вносить свой вклад в загрязнение ПФАС цепочки вторичных продуктов^[72]. Как следствие, их присутствие в потребительских товарах будет трудно отследить, поэтому устаревшие ПФАС могут найти свой путь в продукты, несмотря на их ограниченное использование.

Теоретически полиэфир может быть переработан химическим путем (деполимеризован), но важно отметить, что помимо других проблем, связанных с химической переработкой^[73], ни одна установка деполимеризации в настоящее время не работает на крупномасштабной коммерческой основе^[73]. Присутствие ПФАС^[74] в отходах текстильных изделий бытового назначения является препятствием для вторичной переработки таких продуктов, особенно потому, что трудно удалить ПФАС из волокон после их добавления^[71]. Таким образом, переработка тканей, обработанных ПФАС, приведет к неконтролируемой экспозиции по этим *вечным химическим веществам* без всякой возможности проследить их присутствие в других потребительских товарах, изготовленных из переработанных материалов.

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Это исследование показывает, что водоотталкивающие свойства проанализированной синтетической верхней и спортивной одежды из Китая, Индонезии и России были достигнуты за счет применения полимеров на основе фтортеломеров с боковыми цепями. Наиболее часто определяемый фтортеломерный спирт 8:2 ФТС может разлагаться до высокостойкой перфторкарбоновой кислоты ПФОК, которая внесена в список Стокгольмской конвенции для глобальной ликвидации. Чтобы избежать образования, высвобождения и накопления ПФОК в окружающей среде в течение жизненного цикла продуктов, обработанных ПФОК, в целевых странах необходимо незамедлительно отказаться от применения 8:2 ФТС и других веществ, связанных с ПФОК.

Даже учитывая, что в этом конкретном исследовании было идентифицировано только 4 ПФАС, важно отметить, что поскольку в текстиле используется гораздо больше ПФАС, чем 55, выбранных для целевого анализа, то их присутствия нельзя исключать. Поскольку использование ПФАС в верхней одежде не является существенно важным и доступны подходящие альтернативы, отличные от ПФАС, подход на основе классов химических веществ к поэтапному отказу от всех несущественных видов применения ПФАС является единственной адекватной реакцией для предотвращения дальнейшего необратимого вреда для здоровья человека и окружающей среды.

Основываясь на результатах и выводах этого обзора, мы призываем:

Национальные правительства

- Ввести в действие на национальном уровне включение ПФОС и ПФОК в список Стокгольмской конвенции.
- Ввести запреты на ПФОС и ПФОК в национальные нормативно-правовые документы.
- Поддерживать разработку широкого и обеспечивающего защиту здоровья человека ограничения для ПФАС, а затем реализовать его в полной мере.

Стороны Стокгольмской конвенции

- Ратифицировать поправки, вносящие ПФОС и ПФОК в список Конвенции, и поддержать отмену всех исключений и приемлемых целей.

- Внедрить запреты на ПФОС и ПФОК в национальные нормативно-правовые документы.
- Поддержать включение ПФГкС в список Конвенции для глобальной ликвидации без исключений.
- Работать над подходом на основе классов химических веществ для включения всех ПФАС в список Конвенции для глобальной ликвидации.

Стороны Базельской конвенции

- Определить все отходы, загрязненные ПФАС, как опасные на основании их характеристик H11 (отсроченная или хроническая токсичность).
- Ратифицировать поправку о запрете к Базельской конвенции, гарантирующую запрет на экспорт и импорт загрязненных ПФАС отходов в страны, не входящие в ОЭСР.
- Признать, что продукты на основе фтортеломерных полимеров (т.е. фторированные полимеры с боковыми цепями), а также продукты, загрязненные ПФАС, не подлежат вторичной переработке и, следовательно, непригодны для вторичной переработки, а поэтому непригодны для многооборотной экономики, в технических руководящих принципах по идентификации и экологически безопасному обращению с пластиковыми отходами и для их утилизации.
- Использовать подход, основанный на классах химических веществ, при определении максимальных допустимых пределов содержания ПФАС в отходах (так называемые уровни «низкого содержания СОЗ»).

Заинтересованные стороны СПМРХВ

- Значительно активизировать усилия по переходу к безопасным альтернативам, не связанным с ПФАС, включая установление жестких предельных сроков для поэтапного отказа от ПФАС как класса химических веществ для всех видов использования, не имеющих существенного значения для функционирования общества. Значительно повысить доступность информации для поддержки этих усилий, включая аналитические методы, данные об опасностях для ПФАС и информацию об альтернативах, отличных от ПФАС.
- Стремиться к полной прозрачности для содержания ПФАС в продуктах и поддерживать право потребителей знать и выбирать продукты без ПФАС. Достаточная информация о ПФАС в продуктах, в потоках отходов и в переработанных материалах улучшит мониторинг соответствия

требованиям действующего законодательства переработанных материалов и произведенных изделий.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Категория	ПФАС	Полное наименование	Номер CAS	Ед. изм.	ПКО
Перфторал- килкарбоновые кислоты (ПФКК)	ПФБК	Перфторбутановая кислота	375-22-4	нг/г	1,70
	ПФПеК	Перфторпентановая кислота	2706-90-3	нг/г	1,70
	ПФГкК	Перфторгексановая кислота	307-24-4	нг/г	1,70
	ПФГпК	Перфторгептановая кислота	375-85-9	нг/г	1,70
	ПФОК	Перфтороктановая кислота	335-67-1	нг/г	1,70
	ПФНК	Перфторнонановая кислота	375-95-1	нг/г	1,70
	ПФДК	Перфтордекановая кислота	335-76-2	нг/г	1,70
	ПФУндК	Перфторундекановая кислота	2058-94-8	нг/г	1,70
	ПФДоДК	Перфтородекановая кислота	307-55-1	нг/г	1,70
	ПФТрдК	Перфтортридекановая кислота	72629-94-8	нг/г	1,70
	ПФТеДК	Перфтортетрадекановая кислота	376-06-7	нг/г	1,70
	ПФГкДК	Перфторгексадекановая кислота	67905-19-5	нг/г	1,70
	ПФОДК	Перфтороктадекановая кислота	16517-11-6	нг/г	1,70

Категория	ПФАС	Полное наименование	Номер CAS	Ед. изм.	ПКО
Перфторалкил сульфоновые кислоты (ПФАСК)	ПФПрС	Перфторпропансульфовая кислота	423-41-6	нг/г	1.70
	ПФБС	Перфторбутансульфовая кислота	375-73-5	нг/г	1.70
	ПФПеС	Перфторпентансульфовая кислота	2706-91-4	нг/г	1.70
	ПФГкС	Перфторгексансульфовая кислота	355-46-4	нг/г	1.70
	ПФГпС	Перфторгептансульфовая кислота	375-92-8	нг/г	1.70
	р-ПФОС	Разветвленный изомер перфтороктансульфоновой кислоты	1763-23-1	нг/г	0.30
	л-ПФОС	Линейный изомер перфтороктансульфоновой кислоты	1763-23-1	нг/г	1.30
	ПФНС	Перфторнонансульфовая кислота	68259-12-1	нг/г	1,70
	ПФДС	Перфтордекансульфовая кислота	335-77-3	нг/г	1,70
	ПФДоС	Перфтордодекансульфовая кислота	120226-60-0	нг/г	1,70
	ПФОСА	Перфтороктансульфонамид	754-91-6	нг/г	1,70
Перфторалкан сульфониамид и его производные (ФАСА)	N-MeFA-SA	N-метилперфтороктансульфонамид	31506-32-8	нг/г	1,70
	N-EtFA-SA	N-этил-перфтороктансульфонамид	4151-50-2	нг/г	1,70
Перфторэфирная карбоновая кислота (ПФЭКК)	ДПФНА	4,8-диокса-3Н-перфторонаноат аммония	958445-44-8	нг/г	1,70
Перфторалкил эфирные карбоновые кислоты	ГФПО-ДК	Гексафторпропиленоксид-димерная кислота	13252-13-6	нг/г	1,70
Хлорированный полифторированный эфирный сульфонат	9Cl-ДФЗОНС	9-хлоргексадекафтор-3-оксанонан-1-сульфонат	73606-19-6	нг/г	1,70
	11Cl-ПФЗОНС	11-хлорэйкозафтор-3-оксаундекан-1-сульфонат	83329-89-9	нг/г	1,70

Категория	ПФАС	Полное наименование	Номер CAS	Ед. изм.	ПКО
(п:2) фтортеломерные спирты (ФТС)	4:2 ФТС	4:2 фтортеломерный спирт	2043-47-2	нг/г	0,80
	6:2 ФТС	6:2 фтортеломерный спирт	647-42-7	нг/г	1,60
	8:2 ФТС	8:2 фтортеломерный спирт	678-39-7	нг/г	1,60
	10:2 ФТС	10:2 фтортеломерный спирт	865-86-1	нг/г	16,0
	12:2 ФТС	12:2 фтортеломерный спирт	39239-77-5	скрининг	обнаружен/ не обнаружен
	14:2 ФТС	14:2 фтортеломерный спирт	60699-51-6	скрининг	обнаружен/ не обнаружен
	16:2 ФТС	16:2 фтортеломерный спирт	65104-67-8	скрининг	обнаружен/ не обнаружен
	18:2 ФТС	18:2 фтортеломерный спирт	65104-65-6	скрининг	обнаружен/ не обнаружен
(п:2) фтортеломерные сульфоновые кислоты (ФТСК)	20:2 ФТС	20:2 фтортеломерный спирт		скрининг	обнаружен/ не обнаружен
	4:2 ФТСК	4:2 фтортеломерсульфоновая кислота	757124-72-4	нг/г	5,20
	6:2 ФТСК	6:2 фтортеломерсульфоновая кислота	27619-97-2	нг/г	26,0
	8:2 ФТСК	8:2 фтортеломерсульфоновая кислота	39108-34-4	нг/г	26,0
	10:2 ФТСК	10:2 фтортеломерсульфоновая кислота	120226-60-0	нг/г	26,0
	12:2 ФТСК	12:2 фтортеломерсульфоновая кислота	120226-60-0	скрининг	обнаружен/ не обнаружен
	14:2 ФТСК	14:2 фтортеломерсульфоновая кислота	149246-64-0	скрининг	обнаружен/ не обнаружен
	16:2 ФТСК	16:2 фтортеломерсульфоновая кислота	1377603-17-2	скрининг	обнаружен/ не обнаружен
(п:2) фтортеломерный фосфорный моноэфир (ФТФМ)	6:2 ФТФМ	6:2 моноэфир полифторалкил-фосфорной кислоты	57678-01-0	нг/г	260
	8:2 ФТФМ	8:2 моноэфир полифторалкил-фосфорной кислоты	57678-03-2	нг/г	260

Категория	ПФАС	Полное наименование	Номер CAS	Ед. изм.	ПКО
(n:2) фтортеломерный фосфорный диэфир (ФТФД)	6:2 ФТФД	6:2 фтортеломерный фосфорный диэфир	57677-95-9	нг/г	26,0
	6:2 8:2 ФТФД	6:2 8:2 фтортеломерный фосфорный диэфир	943913-15-3	нг/г	26,0
	8:2 ФТФД	8:2 фтортеломерный фосфорный диэфир	678-41-1	нг/г	26,0
Перфторалкил фосфоновая кислота (ПФАФК)	ПФБФК	2,3,4,5,6- пентафторбензил- фосфоновая кислота	52299-24-8	нг/г	260
	ПФГкФК	Перфторгексилфосфоновая кислота	40143-76-8	нг/г	26,0
	ПФОФК	Перфтороктилфосфоновая кислота	40143-78-0	нг/г	26,0
	ПФДФК	Перфтордецилфосфоновая кислота	52299-26-0	нг/г	26,0

ЛИТЕРАТУРА

1. OECD, *Toward a new comprehensive global database of per- and polyfluoroalkyl substances (PFASs): Summary report on updating the OECD 2007 list of per- and polyfluoroalkyl substances (PFASs)*. 2018, Environment Directorate.
2. Cousins, I.T., et al., *The concept of essential use for determining when uses of PFASs can be phased out*. Environmental Science: Processes & Impacts, 2019. 21(11): p. 1803-1815.
3. Kotthoff, M., et al., *Four chemical trends will shape the next decade's directions in perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances research*. Frontiers in chemistry, 2018. 6: p. 103.
4. Cousins, I.T., et al., *Strategies for grouping per-and polyfluoroalkyl substances (PFAS) to protect human and environmental health*. Environmental Science: Processes & Impacts, 2020. 22(7): p. 1444-1460.
5. Ruert, C., et al., *Atmospheric concentrations and trends of poly-and perfluoroalkyl substances (PFAS) and volatile methyl siloxanes (VMS) over 7 years of sampling in the Global Atmospheric Passive Sampling (GAPS) network*. Environmental Pollution, 2018. 238: p. 94-102.
6. Hu, X.C., et al., *Detection of Poly- and Perfluoroalkyl Substances (PFASs) in U.S. Drinking Water Linked to Industrial Sites, Military Fire Training Areas, and Wastewater Treatment Plants*. Environ Sci Technol Lett, 2016. 3(10): p. 344-350.
7. Rahman, M.F., et al., *Behaviour and fate of perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances (PFASs) in drinking water treatment: a review*. Water Res, 2014. 50: p. 318-40.
8. Karaskova, P., et al., *Perfluorinated alkyl substances (PFASs) in household dust in Central Europe and North America*. Environ Int, 2016. 94: p. 315-324.
9. Young, A.S., et al., *Assessing Indoor Dust Interference with Human Nuclear Hormone Receptors in Cell-Based Luciferase Reporter Assays*. Environ Health Perspect, 2021. 129(4): p. 47010.
10. Cornelsen, M., et al., *Minimizing the environmental impact of PFAS by using specialized coagulants for the treatment of PFAS polluted waters and for the decontamination of firefighting equipment*. Emerging Contaminants, 2021. 7: p. 63-76.
11. Heydebreck, F., et al., *Emissions of Per- and Polyfluoroalkyl Substances in a Textile Manufacturing Plant in China and Their Relevance for Workers' Exposure*. Environ Sci Technol, 2016. 50(19): p. 10386-10396.
12. Langberg, H.A., et al., *Paper product production identified as the main source of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) in a Norwegian lake: Source and historic emission tracking*. Environ Pollut, 2020. 273: p. 116259.
13. Kotthoff, M., et al., *Perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances in consumer products*. Environ Sci Pollut Res Int, 2015. 22(19): p. 14546-59.
14. Masoner, J.R., et al., *Landfill leachate contributes per-/poly-fluoroalkyl substances (PFAS) and pharmaceuticals to municipal wastewater*. Environmental Science: Water Research & Technology, 2020. 6(5): p. 1300-1311.
15. Schmidbauer, N., et al., *Emissions from incineration of fluoropolymer materials. A literature survey*. NILU OR, 2009: p. 65.
16. Lassen, C., et al., *Polyfluoroalkyl substances (PFASs) in textiles for children. Survey of chemical substances in consumer products. The Danish Environmental Protection Agency*. 2015, Report. p. 83.
17. Lin, Y., et al., *Perfluoroalkyl substances in sediments from the Bering Sea to the western Arctic: Source and pathway analysis*. Environ Int, 2020. 139: p. 105699.
18. Rotander, A., et al., *Levels of perfluorinated chemicals (PFCs) in marine mammals in Arctic areas of the Nordic countries during three decades (1984-2007)*. Organohalogen Compounds, 2010. 72.

19. Powley, C.R., et al., *Polyfluorinated chemicals in a spatially and temporally integrated food web in the Western Arctic*. *Chemosphere*, 2008. 70(4): p. 664-72.
20. De Silva, A.O., et al., *PFAS Exposure Pathways for Humans and Wildlife: A Synthesis of Current Knowledge and Key Gaps in Understanding*. *Environ Toxicol Chem*, 2021. 40(3): p. 631-657.
21. Tao, L., et al., *Perfluorinated Compounds in Human Breast Milk from Several Asian Countries, and in Infant Formula and Dairy Milk from the United States*. *Environmental Science & Technology*, 2008. 42(22): p. 8597-8602.
22. Hamers, T., et al., *Transthyretin-Binding Activity of Complex Mixtures Representing the Composition of Thyroid-Hormone Disrupting Contaminants in House Dust and Human Serum*. *Environ Health Perspect*, 2020. 128(1): p. 17015.
23. Ouyang, X., et al., *Miniaturization of a transthyretin binding assay using a fluorescent probe for high throughput screening of thyroid hormone disruption in environmental samples*. *Chemosphere*, 2017. 171: p. 722-728.
24. Ingelido, A.M., et al., *Serum concentrations of perfluorinated alkyl substances in farmers living in areas affected by water contamination in the Veneto Region (Northern Italy)*. *Environ Int*, 2020. 136: p. 105435.
25. Worley, R.R., et al., *Per- and polyfluoroalkyl substances in human serum and urine samples from a residentially exposed community*. *Environ Int*, 2017. 106: p. 135-143.
26. Gockener, B., et al., *Human biomonitoring of per- and polyfluoroalkyl substances in German blood plasma samples from 1982 to 2019*. *Environ Int*, 2020. 145: p. 106123.
27. Zheng, G., et al., *Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS) in Breast Milk: Concerning Trends for Current-Use PFAS*. *Environmental science & technology*, 2021. 55(11): p. 7510-7520.
28. Szilagyi, J.T., et al., *Perfluoroalkyl Substances (PFAS) and Their Effects on the Placenta, Pregnancy, and Child Development: a Potential Mechanistic Role for Placental Peroxisome Proliferator-Activated Receptors (PPARs)*. *Curr Environ Health Rep*, 2020. 7(3): p. 222-230.
29. Kim, M.J., et al., *Association between perfluoroalkyl substances exposure and thyroid function in adults: A meta-analysis*. *PLoS One*, 2018. 13(5): p. e0197244.
30. Caron-Beaudoin, E., et al., *Exposure to perfluoroalkyl substances (PFAS) and associations with thyroid parameters in First Nation children and youth from Quebec*. *Environ Int*, 2019. 128: p. 13-23.
31. Chang, E.T., et al., *A critical review of perfluorooctanoate and perfluorooctanesulfonate exposure and immunological health conditions in humans*. *Crit Rev Toxicol*, 2016. 46(4): p. 279-331.
32. Grandjean, P., et al., *Estimated exposures to perfluorinated compounds in infancy predict attenuated vaccine antibody concentrations at age 5-years*. *J Immunotoxicol*, 2017. 14(1): p. 188-195.
33. Looker, C., et al., *Influenza vaccine response in adults exposed to perfluorooctanoate and perfluorooctanesulfonate*. *toxicological sciences*, 2014. 138(1): p. 76-88.
34. Grandjean, P., et al., *Severity of COVID-19 at elevated exposure to perfluorinated alkylates*. *PLoS One*, 2020. 15(12): p. e0244815.
35. Schellenberger, S., et al., *Highly fluorinated chemicals in functional textiles can be replaced by re-evaluating liquid repellency and end-user requirements*. *Journal of Cleaner Production*, 2019. 217: p. 134-143.
36. Hill, P.J., et al., *Substitution of PEAS chemistry in outdoor apparel and the impact on repellency performance*. *Chemosphere*, 2017. 181: p. 500-507.
37. Fiedler, S., et al., *Poly- and perfluorinated compounds in household consumer products*. *Toxicological & Environmental Chemistry*, 2010. 92(10): p. 1801-1811.
38. *Occurrence and use of highly fluorinated substances and alternatives*. 2015, Swedish Chemicals Agency. p. 112.
39. van der Veen, I., et al., *The effect of weathering on per- and polyfluoroalkyl substances (PFASs) from durable water repellent (DWR) clothing*. *Chemosphere*, 2020. 249: p. 126100.
40. Santen, M.V., *Chemistry for any weather: Greenpeace tests outdoor clothes for perfluorinated toxins*. 2014: p. 43.

41. Cousins, I.T., et al., *The concept of essential use for determining when uses of PFASs can be phased out*. Environmental Science: Processes & Impacts, 2019. 21(11): p. 1803-1815.
42. UNEP/POPS/POPRC.14/6/Add.2 Report of the Persistent Organic Pollutants Review Committee on the work of its fourteenth meeting - Addendum to the risk management evaluation on perfluorooctanoic acid (PFOA), its salts and PFOA-related compounds., P.O.P.R. Committee, Editor. 2018.
43. Lu, C., et al., *Perfluorinated compounds in blood of textile workers and barbers*. Chinese Chemical Letters, 2014. 25(8): p. 1145-1148.
44. Heydebreck, F., et al., *Emissions of per-and polyfluoroalkyl substances in a textile manufacturing plant in China and their relevance for workers' exposure*. Environmental science & technology, 2016. 50(19): p. 10386-10396.
45. Pan, C.-G., et al., *Perfluoroalkyl substances (PFASs) in wastewater treatment plants and drinking water treatment plants: Removal efficiency and exposure risk*. Water research, 2016. 106: p. 562-570.
46. Schultz, M.M., et al., *Fluorochemical mass flows in a municipal wastewater treatment facility*. Environmental science & technology, 2006. 40(23): p. 7350-7357.
47. Sinclair, E., et al., *Mass loading and fate of perfluoroalkyl surfactants in wastewater treatment plants*. Environmental science & technology, 2006. 40(5): p. 1408-1414.
48. Li, F., et al., *Short-chain per-and polyfluoroalkyl substances in aquatic systems: Occurrence, impacts and treatment*. Chemical Engineering Journal, 2020. 380: p. 122506.
49. Solo-Gabriele, H.M., et al., *Waste type, incineration, and aeration are associated with per-and polyfluoroalkyl levels in landfill leachates*. Waste Management, 2020. 107: p. 191-200.
50. Stoiber, T., et al., *Disposal of products and materials containing per-and polyfluoroalkyl substances (PFAS): A cyclical problem*. Chemosphere, 2020. 260: p. 127659.
51. OECD, *PFASs and Alternatives in Food Packaging (Paper and Paperboard) Report on the Commercial Availability and Current Uses*, in *OECD Series on Risk Management*. 2020, Environment, Health and Safety, Environment Directorate. p. 67.
52. Curtzwiler, G.W., et al., *Significance of Perfluoroalkyl Substances (PFAS) in Food Packaging*. Integrated Environmental Assessment and Management, 2021. 17(1): p. 7-12.
53. *Directive 2006/122/EC of the European Parliament and of the Council of 12 December 2006 amending for the 30th time Council Directive 76/769/EEC on the approximation of the laws, regulations and administrative provisions of the Member States relating to restrictions on the marketing and use of certain dangerous substances and preparations (perfluorooctane sulfonates)*.
54. Brendel, S., et al., *Short-chain perfluoroalkyl acids: environmental concerns and a regulatory strategy under REACH*. Environmental Sciences Europe, 2018. 30(1): p. 9.
55. Washington, J.W., et al., *Decades-Scale Degradation of Commercial, Side-Chain, Fluorotelomer-Based Polymers in Soils and Water*. Environmental Science & Technology, 2015. 49(2): p. 915-923.
56. Knepper, T., et al., *Understanding the exposure pathways of per-and polyfluoroalkyl substances (PFASs) via use of PFASs-containing products—risk estimation for man and environment*. Environmental Protection Agency of Germany (UBA) TEXTE, 2014. 47(2014): p. 1-139.
57. Huang, M., et al., *Toxicokinetics of 8: 2 fluorotelomer alcohol (8: 2-FTOH) in male and female Hsd: Sprague Dawley SD rats after intravenous and gavage administration*. Toxicology reports, 2019. 6: p. 924-932.
58. Han, J.-S., et al., *Subacute dermal toxicity of perfluoroalkyl carboxylic acids: comparison with different carbon-chain lengths in human skin equivalents and systemic effects of perfluoroheptanoic acid in Sprague Dawley rats*. Archives of Toxicology, 2020. 94(2): p. 523-539.
59. Li, L., et al., *Degradation of fluorotelomer-based polymers contributes to the global occurrence of fluorotelomer alcohol and perfluoroalkyl carboxylates: a combined dynamic substance flow and environmental fate modeling analysis*. Environmental science & technology, 2017. 51(8): p. 4461-4470.

60. Gebbink, W.A., et al., *Polyfluoroalkyl phosphate esters and perfluoroalkyl carboxylic acids in target food samples and packaging—method development and screening*. Environmental Science and Pollution Research, 2013. 20(11): p. 7949-7958.
61. Borg, D., et al., *Analysis of PFASs and TOF in Products*. 2017, Nordisk Ministerråd.
62. Göckener, B., et al., *Exploring unknown per- and polyfluoroalkyl substances in the German environment—The total oxidizable precursor assay as helpful tool in research and regulation*. Science of The Total Environment, 2021. 782: p. 146825.
63. Casson, R., et al., *Integrating total oxidizable precursor assay data to evaluate fate and transport of PFASs*. Remediation Journal, 2018. 28(2): p. 71-87.
64. Robel, A.E., et al., *Closing the Mass Balance on Fluorine on Papers and Textiles*. Environmental Science & Technology, 2017. 51(16): p. 9022-9032.
65. Nikiforov, V.A., *Hydrolysis of FTOH precursors, a simple method to account for some of the unknown PFAS*. Chemosphere, 2021. 276: p. 130044.
66. Buck, R.C., et al., *Perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances in the environment: terminology, classification, and origins*. Integrated environmental assessment and management, 2011. 7(4): p. 513-541.
67. Herzke, D., et al., *Survey, screening and analyses of PFCs in consumer products*. Project report. Mölndal: Swerea IVF AB, 2009. 9: p. 47.
68. Rice, P.A., et al., *Comparative analysis of the toxicological databases for 6: 2 fluorotelomer alcohol (6: 2 FTOH) and perfluorohexanoic acid (PFHxA)*. Food and Chemical Toxicology, 2020. 138: p. 111210.
69. *Plastic in textiles: towards a circular economy for synthetic textiles in Europe*. 2021, European Environment Agency.
70. Mühle, J., et al., *Perfluorocyclobutane (PFC-318, c-C 4 F 8) in the global atmosphere*. Atmospheric Chemistry and Physics, 2019. 19(15): p. 10335-10359.
71. Le, K., *Textile Recycling Technologies, Colouring and Finishing Methods*. Prepared for Karen Storry, Senior Project Engineer, Solid Waste Services, Metro Vancouver, 2018.
72. Herzke, D., et al., *Perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances (PFASs) in consumer products in Norway—A pilot study*. Chemosphere, 2012. 88(8): p. 980-987.
73. Takada, H.B., L., *Plastic Waste Management Hazards*. 2021: International Pollutants Elimination Network (IPEN).
74. Östlund, Å., et al., *Textilåtervinning: Tekniska möjligheter och utmaningar*. 2015: Naturvårdsverket.



Во имя будущего без токсичных веществ

www.ipen.org

ipen@ipen.org

[@ToxicsFree](https://www.instagram.com/ToxicsFree)