Токсичные добавки в пластике

Пластиковые материалы - это органические вещества, представляющие собой полимеры или комбинацию полимеров с высокой молекулярной массой, модифицированных или соединенных с добавками. Основное различие между чистыми полимерами и пластмассами заключается в том, что добавки, такие как наполнители, пластификаторы, стабилизаторы, пигменты и т.д., придают полимерам требуемые свойства и превращают их в технологичные пластмассовые материалы. В настоящее время существует более 30 видов первичных полимеров, которые в сочетании с различными добавками могут дать тысячи видов пластических материалов[1]. Очень немногие основные полимеры используются и перерабатываются в чистом виде, как правило пластмасса представляет собой смесь полимеров и добавок, которые обеспечивают свойства, необходимые для конкретного применения.

Типичные добавки для пластмасс

К типичным добавкам в пластике относятся[2]:

(а) Стабилизаторы: Стабилизаторы продлевают срок службы полимера путем подавления деградации, происходящей под воздействием ультрафиолетового света, окисления и других явлений. Типичные стабилизаторы поглощают ультрафиолетовое излучение или функционируют как антиоксиданты; к группе стабилизаторов относят также добавки, увеличивающие термостабильность полимера.

(б) Наполнители: Многие пластмассы содержат наполнители для улучшения характеристик или снижения производственных затрат. Как правило, наполнителями являются слюда, тальк, каолин, карбонат кальция, сульфат бария, целлюлозные волокна и т.д. Большинство наполнителей относительно инертны, а недорогие материалы делают продукт дешевле , но иногда значительно увеличивают удельный вес изделий. Некоторые наполнители имеют выраженную волокнистую структуру (целлюлоза, капрон) и называются армирующими агентами;

(в) Пластификаторы: Пластификаторы по массе часто являются наиболее распространенными добавками. Пластификаторы придают пластичность (мягкость и гибкость) материалу, в который они включены. Типичные полимеры без пластификаторов слишком жесткие и хрупкие для определенных применений;

---

1 Silvestre,Cl., Cimmino,S., 2013, Ecosustainable Polymer Nanomaterials for Food Packaging: Innovative Solutions, Characterization Needs, Safety and Environmental Issues.

2 UNEP/CHW/OEWG.12/INF/14

(г) Красители: Красящие вещества (пигменты, например такие как растворимые азокрасители) являются еще одной распространенной добавкой;
(д) Антипирены как самостоятельная добавка. Это могут быть специализированные добавки такие как бромированные антипирены или хлорированные парафины с короткой и средней цепью, азото- и фосфор содержащие антипирены. При этом многие наполнители (см п.б) могут играть роль антипиренов. В недалеком прошлом в качестве антипирена для промышленных приложений использоваться триоксид сурьмы.
(е) Другие функциональные добавки: антистатические агенты, антиоксиданты, смазочные материалы, агенты скольжения, отверждающие агенты, вспенивающие агенты, водо- и маслоотталкивающие вещества и т.д.

Важно подчеркнуть, что многие из этих добавок являются высокотоксичными и могут оказывать неблагоприятное воздействие на здоровье человека и окружающую среду. Кроме того, опасные добавки остаются стойкими в окружающей среде, они могут разлагаться и просачиваться в почву, воздух и подземные воды со свалок или в результате выброса промышленных предприятий. Сжигание пластиковых отходов может привести к выбросам опасных веществ, например, таких непреднамеренных СОЗ, как диоксины. Многие из этих добавок давно запрещены, но продолжают циркулировать в новых товарах из переработанного материала.

К добавкам, вызывающим особую обеспокоенность из-за их токсичности относятся:

Стабилизаторы

Стабилизаторы, кроме других веществ могут содержать продукты полимеризации бисфенола А (BPA), поскольку они сильно поглощают ультрафиолет и повышают температуру размягчения материала. Соединения свинца , кадмия и олова повышают термостойкость пластика, связываясь преимущественно с дефектами структуры полимера.[3] 50 % всех стабилизаторов используются в ПВХ.[4]

Надо отметить, что стабилизирующие добавки не являются основным применением бисфенола А. Наибольшее его количество приходится на поликарбонатный пластик, фактически сделанный из этого мономера. Бисфенол А относится к веществам, нарушающим работу эндокринной системы. Исследования показали, что перинатальное воздействие BPA и воздействие в раннем возрасте связаны с проблемами поведения у детей[5]. Воздействие BPA на человеческий организм увеличивает вероятность возникновения некоторых видов рака у взрослых и отклонения развития у детей[6].

По данным совместного доклада Международной сети по ликвидации загрязнителей и Общества эндокринологов[7], BPA связан с синдромом поликистозных яичников (PCOS) - сложным гормональным состоянием, связанным с нерегулярным менструальным циклом, снижением фертильности и повышенным риском диабета. У мужчин BPA влияет на фертильность и связан с сексуальной дисфункцией среди мужчин, подвергающихся

---

3 Hansen, E., Nilsson, N. H., Lithner, D., Lassen, C., (2013). Hazardous substances in plastic materials. Available from: http://www.byggemiljo.no/wp-content/uploads/2014/10/72_ta3017.pdf.

4 Hahladakis, J. N., Velis, C. A., Weber, R., Iacovidou, E., & Purnell, P. (2018). An overview of chemical additives present in plastics: Migration, release, fate and environmental impact during their use, disposal and recycling. Journal of hazardous materials, 344, 179-199. Available at: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030438941730763X, downloaded on 08/01/20.

5 Evans, S.F., Kobrosly, R.W., Barrett, E.S., Thurston, S.W., Calafat, A.M., Weiss, B., Stahlhut, R., Yolton, K., Swan, S.H.(2014). Prenatal bisphenol A exposure and maternally reported behavior in boys and girls. *Neurotoxicology*,45,91-99. doi: 10.1016/j.neuro.2014.10.003.

6 Vandenberg, L.N., Hauser, R., Marcus, M., Olea, N., Welshons, W.V. (2007). Human exposure to bisphenol A (BPA). *Reprod Toxicol.* ,24(2),139-177. doi: 10.1016/j.reprotox.2007.07.010

7 Plastics Pose a Threat to Human Health | IPEN

воздействию высоких профессиональных уровней. Несмотря на токсичность, по данным обзора мирового рынка BPA на 2021 г. и прогноз до 2030 г., его производство будет только расти[8]. При этом основными потребителями это вещества являются страны Азиатско-Тихоокеанского региона, Европы и Северной Америки.

В Европейском Союзе запрещается использование бисфенола А в таре для:
-продуктов питания для детей до 3-х лет, (во Франции для любых продуктов питания),
-специального медицинского и диетического питания,
-молочных продуктов,
-переработанных зерновых продуктов.

Уровни BPA, обнаруженные у детей, как правило, выше, чем у взрослых. Это связано с более высоким потреблением пищи в расчете на массу тела в раннем возрасте, заглатыванием пыли, связанным с контактом «рука в рот» у детей, а также с более частым использованием пластиковых изделий. Младенцы подвергаются воздействию BPA, когда он просачивается из бутылочек и других контейнеров в напитки и пищу, которые они потребляют. Анализ средней экспозиции BPA разных возрастных групп в станах ЕС[9] показывает величины от 100 до 400 нг/кг веса в день. Для получения дозы 400нг/кг ребенку весом 5кг нужно выпить в день порядка 0.5-1 литра воды из тары двух проаналированых образцов (05; 13), где BPA обнаружен соответственно на уровне 2376 нг/л и 1239 нг/л.

В Европейском Союзе в 2011 году BPA был запрещен к использованию в детских бутылочках на основании данных о том, что метаболическая система младенцев более уязвима, чем метаболическая система взрослых.

Водо- маслоотталкивающие вещества.

В товарах из пластика также используются пер- и полифторалкильные вещества (PFAS), общие свойства которых включают термическую и химическую стабильность, а также высокую водо- и маслоотталкивающую способность[10]. Использование этих веществ в качестве средств для удаления жира и пятен в потребительских товарах началось в 1950 году. Эти характеристики делают PFAS особенно подходящими для использования в различных материалах, контактирующих с пищевыми продуктами. Однако PFAS обладают высокой устойчивостью к разложению в биоте и окружающей среде[11], что приводит к их повсеместному присутствию. PFAS представляют собой группу синтетических химических соединений, куда входят перфтороктановая кислота (PFOA), перфтороктансульфоновая кислота (PFOS) и многие другие вещества. PFAS насчитывает более 5 000 пер- и полифторалкильных синтетических веществ, из которых в рамках Стокгольмской конвенции о стойких органических загрязнителях регулируются PFOA и PFOS и вещества, при разложении которых образуются PFOA и PFOS , т.н. вещества, родственные или связанные с PFOA и PFOS.

8 Bisphenol A (BPA): world market review of 2021 and 2030 perspectives. https://marketpublishers.ru/report/industry/chemicals_petrochemicals/bisphenol_a_world_market_outlook_n_forecast.html (accessed 01.08.2021)(in Russ.)

9 EFSA. (2015). Scientific Opinion on the risks to public health related to the presence of bisphenol A (BPA) in foodstuffs. *EFSA Journal*,13(1),3978. Doi:/10.2903/j.efsa.2015.3978

10 Krafft MP, and Riess JG. 2015. Selected physicochemical aspects of poly- and perfluoroalkylated substances relevant to performance, environment and sustainability – Part one. Chemosphere. 129:4-19.

11 Krafft MP, and Riess JG. 2015. Per- and polyfluorinated substances (PFASs): Environmental challenges. Curr Opin Colloid In. 20:192-212.

роизводстве фторэластомеров и фторполимеров, для производства антипригарной кухонной посуды, оборудования для пищевой промышленности. Связанные с PFOA соединения использовались в качестве поверхностно-активных веществ и средств обработки поверхности в текстиле, бумаге и красках, противопожарных пенах. PFOA была обнаружена в промышленных отходах, пятноустойчивых коврах, жидкостях для чистки ковров, домашней пыли, водоустойчивых бумажных пакетах для пищевых продуктов, воде, продуктах питания и тефлоне, при производстве которого долгое время PFOA использовалась в качестве эмульгатора.

Непреднамеренное образование PFOA происходит в результате сжигания фторполимеров, содержащихся в твердых бытовых отходах. Согласно Стокгольмской конвенции о СОЗ, PFOA, ее соли и связанные с ним соединения включены в Приложение А Стокгольмской конвенции для прекращения его производства и использования. В список специальных исключений, которые дают возможность продолжать использовать PFOA, не входят его использование в потребительских товарах.[12]

Отметим, что в 2013 году Конференция сторон Стокгольмской конвенции на своем 6-м заседании призвала стороны рассмотреть вопрос о прекращении использования PFOS, его солей и родственных химических веществ для применения в тех областях, для которых были определены и коммерчески доступны не содержащие PFOS и нехимические альтернативы, которые, в частности, включают ковры, кожу и одежду, текстиль и обивку. В сентябре 2016 года на двенадцатом заседании Комитета по рассмотрению стойких органических загрязнителей (POPRC 12) Стокгольмской

12 POPs Chemicals Mandeeps hidden module

конвенции было представлено Сводное руководство по альтернативам PFOA, PFOS и связанным с ним химическим веществам. В Руководстве, в частности, поясняется, что «в настоящее время нет сторон, зарегистрированных для специальных исключений для ковров, кожи и одежды, текстиля и обивки», что означает, что PFOS больше не должен использоваться для этих товаров.

Конференция Сторон Стокгольмской конвенции в июле 2022 года одобрила рекомендации Комитета по рассмотрению новых СОЗ и включила PFHxS (перфторгексановая сульфоновая кислота, ее соли и родственные соединения) в Приложение А Конвенции без каких бы то ни было исключений.

Подчеркнем, что PFAS относятся к веществам, нарушающим работу эндокринной системы, и были определены как особо опасные, представляющие угрозу для здоровья и безопасности человека даже при крайне низких дозах. Возможна их роль в развитии онкологических заболеваний, нарушении репродуктивной функции, развития и когнитивных функций.

Антипирены:

Некоторые пластмассы содержат антипирены в качестве добавок. Например, в 2023 году делегаты конференции Сторон Стокгольмской конвенции включили антипирен Dechlorane Plus в Приложение А Конвенции, требующее глобального запрета, как вещество, соответствующее всем характеристикам СОЗ.

Добавки в пластики включают также коротко-, средне- и длинноцепочечные хлорированные парафины; борную кислоту; бромированные антипирены (например, полибромированные дифениловые эфиры (PBDE); deca-BDE; тетрабромобисфенол А (TBBPA); фосфорные антипирены, гексабромоциклододекан (HBCD) и ряд соединений, известных как дехлораны). PBDE являются наиболее широко используемыми антипиренами для пластмасс. Они используются, в частности, в электрических и электронных приборах, покрытиях, автомобильных деталях, текстиле с покрытием, мебели, строительных материалах и некоторых упаковках, состоящих из пластмасс или содержащих их.

Полибромированные дифениловые эфиры представляют собой группы гексабромдифенила, гептабромдифенила (hexa- и hepta-BDE) и тетрабромдифенила и пентабромдифенилового эфира (tetra- и penta-BDE), deca-BDE, которые включены в Приложение А Стокгольмской конвенции. Все PBDE использовались в качестве антипиренов в пластмассах. Эти добавки коммерчески продавались как c-PentaBDE, c-OctaBDE и c-decaBDE.

Гексабромциклододекан (HBCD) – антипирен, производство запрещено, но вещество обнаруживается в товарах из вторичного пластика

Тетрабромдифениловый эфир - антипирен , производство запрещено, но вещество обнаруживается в товарах из вторичного пластика

Пентабромдифениловый эфир – антипирен, производство запрещено, но вещество обнаруживается в товарах из вторичного пластика

Гексабромдифениловый эфир – антипирен, производство запрещено, но вещество обнаруживается в товарах из вторичного пластика

Гептабромдифениловый эфир - антипирен, производство запрещено, но вещество обнаруживается в товарах из вторичного пластика

Декабромдифениловый эфир (DecaBDE) – антипирен, производство запрещено, но вещество обнаруживается в товарах из вторичного пластика

Одним из основных применений полибромированных дифениловых эфиров и других бромированных соединений является придание пластмассам устойчивости к воспламенению. Это актуально, в первую очередь, для пластмасс, используемых в электронике, электротехнике и в некоторых отделочных материалах. Переработанная пластмасса из отработанного электронного оборудования, содержащая токсичные полибромированные соединения (полибромированные антипирены), загрязняет новые пластмассовые изделия, предназначенные для использования в быту, в том числе детские игрушки.

Наиболее распространенными оказываются бромированные дифениловые эфиры. В эту группу входят различные изомеры tetra-, penta-, hexa-, hepta-, octa- , nona - бромдифениловых эфиров и deca-бромдифениловый эфир.

OctaBDE, DecaBDE широко применяются при производстве электронного оборудования и являются основными токсичными компонентами отработанных электронных изделий. PentaBDE использовался почти исключительно в производстве эластичного пенополиуретана (ППУ) для мебели и обивочного материала в домах и транспортных средствах, упаковочного материала, а также непенистого полиуретана для облицовки корпусов электронных приборов. HBCD используется в основном в изготовлении полистирольной изоляции для зданий, однако обнаруживается и в электронном оборудовании.

Уровни этих веществ, обнаруженные в бытовых изделиях, свидетельствуют о том, что они не были добавлены непосредственно в ходе производства этих изделий. Скорее всего антипирены оказались в них в результате использования переработанного пластика в качестве материала для изготовления этих товаров. Вторичный пластик, полученный в ходе переработки пластика, например, из электронных отходов, содержит те же токсичные антипирены, которые были добавлены в первичный пластик, используемый в электронной технике.

Во многих странах значения PBDE в товарах могут оценивались в сравнении с нормативами ЕС[13] - 10 000 мкг/кг (10 мг/кг) в товарах из первичного материала, и с уровнем PBDE в отходах - 50 000 мкг/кг (50 мг/кг), который обсуждается в рамках Стокгольмской конвенции о стойких органических загрязнителях (СОЗ) и за который выступает Международная сеть по ликвидации загрязнителей[14]. Этот уровень PBDE в отходах соответствует уровню, который обосновывается в научном обзоре «Достигается ли сокращение выбросов промышленных органических загрязнителей в богатых странах частично за счет экспорта токсичных отходов?”[15].

13 REGULATION (EU) 2019/ 1021 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL - of 20 June 2019 - on persistent organic pollutants (europa.eu)

14 ipen-low-pops-factsheet-v1_5-en_web.pdf

15 Are Reductions in Industrial Organic Contaminants Emissions in Rich Countries Achieved Partly by Export of Toxic Wastes? | Environmental Science & Technology (acs.org)

Воздействие бромированных антипиренов на здоровье

Бромированные дифениловые эфиры накапливаются в организме человека[16] и животных[17], в почве и донных отложениях[18] [19], продуктах питания[20] и материнском молоке[21] [22] [23]. Интересно, что произошедшая с течением времени постепенная замена хлор- на бром-содержашие антипирены привела к аналогичным сдвигам в примесях в молоке[24].
Повсеместное использование пластика приводит к высокому содержанию PDBE в домашней пыли[25] [26]. По данным работ [27] [28], выведение вещества из организма занимает месяцы и сильно различается в зависимости от конкретного вещества.

Эпидемиологические данные, полученные на выборке рабочих на предприятиях по переработке пластика[29], показывают скореллированность нарушений функционирования системы гормонов щитовидной железы и содержания антипиренов в организме. И аналогичные данные получены на совершенно иной популяции, не связанной с переработкой пластика [30].

Лабораторные животные, получающие бромированные дифениловые эфиры с пищей, имеют нарушения в работе щитовидной железы и измененный уровень экспресси генов, связанных с метаболизмом тироксина [31] [32]. PBDE проявляют себя как

16 Asplund A, Hornung M, Peterson RE, Turesson K, Bergman Å.Levels of polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in fish from the Great Lakes and Baltic Sea. Organohalogen Comp.1999; 40:351–354.

17 Gaion A, Morgan E, Collier S, Sartori D. Bioaccumulation of different congeners of Poly-Brominated Diphenyl Ethers (PBDEs) in muscle tissue of males and females of Clupea harengus from the North Sea. Environ Sci Pollut Res Int. 2021 ;28:30414-30421

18 Palm, A., Cousins, I. T., Mackay, D., Tysklind, M., Metcalfe, C. and Alaee, M. (2002).Assessing the environmental fate of chemicals of emerging concern: a case study of the polybrominated diphenyl ethers. Environ Pollut 117, 195-213.

19 Vane CH, Ma YJ, Chen SJ, Mai BX."Increasing polybrominated diphenyl ether (PBDE) contamination in sediment cores from the inner Clyde Estuary, UK. Environmental Geochemistry and Health. 2009; 32: 13–21

20 Boucher B, Ennis JK ,Tsirlin D Harris S. A global database of polybrominated diphenyl ether flame retardant congeners in foods and supplements}.Journal of Food Composition and Analysis.2017;69:171-188.

21 Darnerud PO, Atuma S, Aune M, Cnattingius S, Wernroth M-L, Wicklund-Glynn A. Polybrominated diphenyl ethers (PB-DEs) in breast milk from primiparous women in Uppsala county, Sweden. Organohalogen Comp. 1998; 35:411–414.

22 Zhang J, Chen L, Xiao L, Ouyang F, Zhang QY, Luo ZC . Polybrominated Diphenyl Ether Concentrations in Human Breast Milk Specimens Worldwide. Epidemiology 2017 28 Suppl 1: S89–S97

23 Linares V., Belles M., and Domingo J.L. (2015). Human exposure to PBDE and critical evaluation of health hazards. Arch Toxicol 89, 335–356.

24 Norén K, Meironyté D. Contaminants in Swedish human milk. Decreasing levels of organochlorine and increasing levels of organobromine compounds. Organohalogen Comp.1998; 38:1–4.

25 Jin MT, Li LJ, Zheng YX, Shen XY, Wang DR. Polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in dust in typical indoor public places in Hangzhou: Levels and an assessment of human exposure. Ecotoxicology and Environmental Safety, 2019 ; 169,325-334

26 Wilford BH, Shoeib M, Harner T, Zhu J, Jones KC. Polybrominated diphenyl ethers in indoor dust in Ottawa, Canada: implications for sources and exposure. Environ Sci Technol. 2005 ;39(18):7027-7035

27 Sjödin A, Hagmar L, Klasson-Wehler E, Kronholm-Diab K, Jakobsson E, Bergman Å. Flame retardant exposure: polybrominated diphenyl ethers in blood from Swedish workers. Environ Health Perspect 1999;107:643–648

28 Thuresson K, Höglund P, Hagmar L, Sjödin A, Bergman A, Jakobsson K. Apparent half-lives of hepta- to decabrominated diphenyl ethers in human serum as determined in occupationally exposed workers. Environ Health Perspect. 2006;114:176-181.

29 Chen T, Niu P, Kong F, Wang Y, Bai Y, Yu D, Jia J, Yang L, Fu Z, Li R, Li J, Tian L, Sun Z, Wang D, Shi Z. Disruption of thyroid hormone levels by decabrominated diphenyl ethers (BDE-209) in occupational workers from a deca-BDE manufacturing plant. Environ Int. 2018;120:505-515

30 Byrne SC, Miller P, Seguinot-Medina S, Waghiyi V, Buck CL, von Hippel FA, Carpenter DO. Associations between serum polybrominated diphenyl ethers and thyroid hormones in a cross sectional study of a remote Alaska Native population. Sci Rep. 2018 ;8:2198. doi: 10.1038/s41598-018-20443-9

31 Richardson VM, Staskal DF, Ross DG, Diliberto JJ, DeVito MJ, Birnbaum LS. Possible mechanisms of thyroid hormone disruption in mice by BDE 47, a major polybrominated diphenyl ether congener. Toxicol Appl Pharmacol. 2008 ;226:244-250

32 Zhao X., Ren X., Ren B., Luo Z., Zhu R. Life-cycle exposure to BDE-47 results in thyroid endocrine disruption to adults and offsprings of zebrafish (Danio rerio) Environ. Toxicol. Pharmacol. 2016;48:157–167

иммунномодуляторы[33] [34] [35] и приводят, например, к недостаточному иммунному ответу на вирусную инфекцию[36], а также оказывают множественное воздействие на

развивающуюся нервную систему плода[37]. Доза 0.2мг/кг веса животного приводит к измененному поведению потомства, например - гиперактивности и затрудненному формированию поведенческих навыков[38].

При нагревании на воздухе до температур выше 300-400^{0}C PBDE бромированные антипирены начинают окисляться с образованием гораздо более ядовитых соединений типа замещенных диоксинов[39]. Это делает опасным попадание специализированного пластика и вторичного пластика на мусоросжигающие установки. Более того, выделение диоксинов ставит вопрос целесообразности использования бромированных антипиренов в целях пожарной безопасности. Попытка снизить вероятность возгорания за счет нейтрализации свободных радикалов атомами галогенов нейтрализуется вероятностью образованию токсичных продуктов горения.

Напомним, что полибромированные дифениловые эфиры являются добавками, которые химически не связаны с пластмассой, а растворяются и диспергируются в расплаве пластика и поэтому могут легко выделяться в окружающую среду.

Пластификаторы:

Диэтилгексилфталат (DEHP) - пластификатор[40]
Бензилбутилфталат (BBP) - пластификатор[41]

Дибутилфталат (DBP) – пластификатор, запрещен к использованию в игрушках в странах ЕС[42] и ЕАЭС[43]

Диизобутилфталат (DIBP) - пластификатор[44]

---

33 Yoffe D, Frim R, Ukeles SD, Dagani MJ, Barda HJ, Benya TJ, Sanders DC . Bromine Compounds. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 2013, 1–31.doi:10.1002/14356007.a04_405.pub2

34 Quintana FJ, Murugaiyan G, Farez MF, Mitsdoerffer M, Tukpah AM, Burns EJ, Weiner HL. An endogenous aryl hydrocarbon receptor ligand acts on dendritic cells and T cells to suppress experimental autoimmune encephalomyelitis. Proc Natl Acad Sci U S A. 2010 ;107:20768-20773

35 Monteleone I, Rizzo A, Sarra M, Sica G, Sileri P, Biancone L, MacDonald TT, Pallone F, Monteleone G. Aryl hydrocarbon receptor-induced signals up-regulate IL-22 production and inhibit inflammation in the gastrointestinal tract. Gastroenterology. 2011 ;141:237-248

36 Polybrominated diphenyl ether exposure suppresses cytokines important in the defence to coxsackievirus107

37 Kodavanti PR, Royland JE, Osorio C, Winnik WM, Ortiz P, Lei L, Ramabhadran R, Alzate O. Developmental exposure to a commercial PBDE mixture: effects on protein networks in the cerebellum and hippocampus of rats. Environ Health Perspect. 2015;123:428-436.

38 Kojima H, Takeuchi S, Uramaru N, Sugihara K, Yoshida T, Kitamura S. Nuclear hormone receptor activity of polybrominated diphenyl ethers and their hydroxylated and methoxylated metabolites in transactivation assays using Chinese hamster ovary cells. Environ Health Perspect. 2009;117:1210-1218.

39 Sakai S, Watanabe J, Honda Y, Takatsuki H, Aoki I, Futamatsu M, Shiozaki K. Combustion of brominated flame retardants and behavior of its byproducts. Chemosphere. 2001 ;42(5-7):519-531

40 ЕС устанавливает ограничения на использование фталатов в игрушках, которые включены в список канцерогенных, мутагенных или токсичных для репродукции (CMR) веществ в соответствии с Положением о классификации, маркировке и упаковке (CLP) в концентрации, равной или превышающей 0,1% по весу пластифицированного материала изделия https://echa.europa.eu/documents/10162/aaa92146-a005-1dc2-debe-93c80b57c5ee

41 Ibid

42 Ibid

43 Запрещен в игрушках в странах ЕАЭС (Беларусь, Россия, Казахстан, Кыргызстан) согласно Техническому регламенту «О безопасности игрушек», https://docs.cntd.ru/document/902303210

44 ЕС устанавливает ограничения на использование фталатов в игрушках, которые включены в список канцерогенных, мутагенных или токсичных для репродукции (CMR) веществ в соответствии с Положением о классификации, маркировке и упаковке (CLP) в концентрации, равной или превышающей 0,1% по весу пластифицированного материала изделия https://echa.europa.eu/documents/10162/aaa92146-a005-1dc2-debe-93c80b57c5ee

Наибольшее количество добавок, в первую очередь, стабилизаторов и пластификаторов, применяется в ПВХ, одном из наиболее часто используемых пластиковых материалов.[45] Так, около 80% пластификаторов используется в ПВХ, а остальные 20% - в целлюлозном пластике.[46] Глобальное использование пластификаторов составило 8,4 млн тонн в 2015 году и, по прогнозам, достигнет 9,75 млн тонн в 2024 году.[47]

Прозрачность и прослеживаемость химических веществ в пластике
Прозрачность химической информации в материалах и товарах и ее прослеживаемость в индивидуальных изделиях являются основой для принятия обоснованных решений всеми заинтересованными сторонами, занятыми в производстве и использовании пластика.
И прозрачность, и прослеживаемость – это ключевые подходы к ресурсоэффективной циркулярной экономике, которая должна быть свободна от вредных химических веществ. Это видение было изложено в недавнем докладе, подготовленном исследователями из Норвегии и получившем название “Состояние науки о пластиковых химикатах”[48]. Согласно этому новому исследованию, в пластике используется более 16 000 химических веществ, из которых более 4000 признаны опасными. Однако информации об остальных почти 12 000 химических веществ недостаточно для того, чтобы доказать, являются ли они безвредными для человека и окружающей среды. В докладе делается вывод о том, что ни одна пластиковая продукция не является химически безопасной для человека, и обосновывается важность прозрачности химической идентификации материалов и товаров на протяжении всего жизненного цикла пластика.

Аналогичное исследование содержания химических веществ в пластике было проведено ЮНЕП в 2023 году[49]. По его результатам выпущен технический доклад, в котором отмечается, что в пластике содержится 13 000 химических веществ, четверть из которых – известные токсичные химические вещества.

Очевидно, что информация о химических веществах в пластике постоянно меняется. Не меняется только одно – крайне низкий уровень раскрытия этой информации.
В идеале полное раскрытие информации о химических веществах в пластике должно быть доступно для всех заинтересованных сторон, включая не только производителей пластиковых товаров, но также регулирующие органы, потребителей, продавцов товаров и переработчиков пластика. Регулирующим органам такая информация необходима для повышения эффективности действующего законодательства по химическим веществам, а также для принятия упреждающих регулирующих мер. Переработчикам отходов также необходима эта информация, чтобы исключить повторное использование опасных химических веществ в новых товарах из переработанных материалов, а также чтобы другие, даже безопасные для человека химические вещества, не влияли на процесс переработки. Кроме того, химические вещества, которые сегодня считаются безопасными, впоследствии могут быть переклассифицированы на основании новых научных данных.

Однако для начала, как минимум, всем заинтересованным сторонам необходимо иметь информацию о химических веществах, содержащихся в продукции, на основе опасных свойств таких химических веществ. Эти свойства были определенны в Программе ЮНЕП “Химические вещества в товарах”[50] [51], а именно, это такие вещества, которые являются

45 Hansen, E., Nilsson, N. H., Lithner, D., Lassen, C., (2013). Hazardous substances in plastic materials. Available from: http://www.byggemiljo.no/wp-content/uploads/2014/10/72_ta3017.pdf.
46 https://www.plasticsinsight.com/global-plasticisers-market/.
47 https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306374717301379?via%3Dihub.
48 https://www.plasticpollutioncoalition.org/resource-library/plastchem-state-of-the-science-onplastic-chemicals
49 *https://wedocs*.unep.org/handle/20.500.11822/42427
50 https://www.saicm.org/Portals/12/documents/meetings/ICCM4/doc/K1502319%20SAICM-ICCM4-10-e.pdf
51 https://www.unep.org/topics/chemicals-and-pollution-action/chemicals-management/chemicals-products

стойкими, способными к бионакоплению и токсичными; они могут быть канцерогенами или мутагенами или которые негативно влияют на репродуктивную, эндокринную, иммунную или нервную системы. Вещества, которые обладают одним или несколькими из таких опасных свойств, должны быть приоритетными для раскрытия информации об их присутствии в товарах.

В ходе переговоров по новому глобальному договору по пластику[52] некоторые страны пытались разработать критерии для химич еских веществ, которые должны быть включены в так называемый негативный список химических веществ, подлежащих строгому регулированию или запрету к использованию в пластике. Однако наличие такого списка недостаточно для обеспечения циркулярной экономики, свободной от вредных химических веществ.

Необходима прослеживаемость такой информации в отдельных материалах и изделиях. Во-первых, мы не знаем, какие вещества войдут в первоначальный список веществ для регулирования их использования в пластике. Например, в него могут войти только те вещества, которые уже запрещены на международном уровне, а их всего лишь около 4% от известных опасных химических веществ. Например, Стокгольмская конвенция о СОЗ регулирует только 17 стойких органических загрязнителей, используемых в пластике. Не известно, будет ли первоначальный список негативных химических веществ в пластике включать все 4200 химических веществ, указанных в докладе Норвегии, или 3200 химических веществ, определенных ЮНЕП в 2023 году. В любом случае этот список должен быть живым, то есть он доложен быть открыт для включения дополнительных химических веществ для их контроля и запрета в пластике.

Однако не все химические вещества, которые войдут в первоначальный список опасных химических веществ для контроля их использования в пластике, могут быть немедленно запрещены или ограничены, поскольку промышленность утверждает, что заменителей не существует. Таким образом, если эти химические вещества присутствуют в жизненном цикле пластикового материала, их необходимо отслеживать в отдельных пластиковых материалах и изделиях.

Кроме того, необходимо отслеживать уже запрещенные или строго ограниченные химические вещества в товарах, так как переработка содержащих их материалов и изделий приводит к повторному использованию токсичных веществ в новой продукции, изготовленной из переработанных материалов. Почему это происходит? Потому что до сих пор не существует согласованного на глобальном уровне подхода к отслеживанию этих химических веществ в товарах на уровне существующих химических конвенций.

Дальнейшая дискуссия показала, что для стран региона ВЕКЦА проблема раскрытия и отслеживания информации о химических веществах в пластике стоит достаточно остро. Национальная практика свидетельствует о том, что сектору переработки отходов, на который возлагаются большие надежды, необходима новая система отчетности. Основная проблема сейчас – отсутствие систем контроля входящего сырья в пунктах для переработки отходов. Без такого контроля невозможно утверждать о безопасности переработанной продукции.

52 https://www.unep.org/inc-plastic-pollution

Помимо внутригосударственных мер регулирования, внимания требует и регулирование за трансграничным перемещением таких отходов. Здесь важны не только региональные меры, но меры, согласованные на международном уровне. Для этого предлагается выстроить систему классификации отходов из пластика, например, на опасные и неопасные, либо придерживаться планомерного отказа от пластика и сокращать образование тех отходов, которые вызывают наибольшую обеспокоенность.

Contacts

Health and Environment Justice Support (HEJSupport)
info@hej-support.org

Follow us on LinkedIn:
https://bit.ly/3A0L93C

HEJSupport Website:
www.hej-support.org

More information about the project:
www.hej-support/eecca-plastic

This paper is funded by the Plastic Waste Partnership under the Basel Convention on the Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes and their Disposal. The views expressed in this publication are those of the authors and do not necessarily reflect the views of the Secretariats of the Basel, Rotterdam and Stockholm (BRS) Conventions, the United Nations Environment Programme (UNEP), the United Nations (UN) or contributory organisations. The Secretariats of the BRS Conventions, UNEP or the UN do not accept responsibility for the accuracy or completeness of the contents and shall not be liable for any loss or damage that may be occasioned, directly or indirectly, through the use of, or reliance on, the contents of this publication.
The designations employed and the presentation of the materials in this publication do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariats of the BRS Conventions, UNEP or the UN, concerning the geo-political situations or the legal status of any country, territory, or city or area or their authorities, or concerning the delimitation of their frontiers or boundaries.