



Научная статья

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО РЕГУЛИРОВАНИЮ ВЫСОКООПАСНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В ИЗДЕЛИЯХ**Х.Х. Хамидулина^{1,2}, Е.В. Тарасова¹, А.К. Назаренко^{1,3},
Д.Н. Рабикова^{1,2}, А.С. Проскурина^{1,2}, И.В. Замкова¹**

¹Российский регистр потенциально опасных химических и биологических веществ – филиал Федерального научного центра гигиены имени Ф.Ф. Эрисмана, Россия, 121087, г. Москва, Багратионовский проезд, 8, корп. 2

²Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования, Россия, 125993, г. Москва, ул. Баррикадная, 2/1, стр. 1

³Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, Россия, 125047, г. Москва, Миусская площадь, 9, стр. 6

Поиск альтернатив и замена высокоопасных химических веществ в составе продукции и изделий на более безопасные аналоги является одним из центральных направлений деятельности международного сообщества в области безопасного регулирования химических веществ. В рамках научно-исследовательской работы по государственной программе «Обеспечение химической и биологической безопасности на 2021–2024 гг.» Российским регистром потенциально опасных химических и биологических веществ ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора была разработана концепция по замещению высокоопасных химических веществ в составе различных видов продукции (пищевая, синтетические моющие средства и товары бытовой химии, пестициды, лакокрасочные материалы, основная химия) на более безопасные аналоги. В то же время вопросы регулирования высокоопасных веществ в составе изделий в РФ проработаны недостаточно, поэтому целью исследования являлось научное обоснование критериев и правил отнесения химических веществ в изделиях к запрещенным и (или) ограниченным.

В качестве материалов были использованы нормативно-правовые акты РФ и ЕС (в частности, технические регламенты, директивы, регламенты и т.д. в области регулирования химических веществ в продукции и изделиях), а также отечественные и международные базы данных, научные статьи и монографии, содержащие информацию о токсических свойствах химических веществ.

В целях разработки эффективных мероприятий по минимизации риска воздействия химических веществ в изделиях и их безопасному управлению на всех стадиях жизненного цикла были обоснованы критерии и правила отнесения химических веществ в изделиях к запрещенным и (или) ограниченным; предложен механизм формирования национального перечня химических веществ в изделиях, вызывающих беспокойство, создание которого позволит организовать мониторинг их обращения на территории РФ, надлежащую утилизацию отходов с учетом опасных свойств, а также стимулировать научно-исследовательские работы по поиску альтернатив.

Ключевые слова: химическая безопасность, регулирование, высокоопасные химические вещества, изделия, материалы, запрещение, ограничение, аналоги.

© Хамидулина Х.Х., Тарасова Е.В., Назаренко А.К., Рабикова Д.Н., Проскурина А.С., Замкова И.В., 2023

Хамидулина Халидя Хизбулаевна – доктор медицинских наук, директор филиала; профессор, заведующий кафедрой гигиены (e-mail: director@rosreg.info; тел.: 8 (499) 145-60-23; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7319-5337>).

Тарасова Елена Владимировна – кандидат химических наук, химик-эксперт (e-mail: secretary@rosreg.info; тел.: 8 (499) 145-60-23; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4020-3123>).

Назаренко Андрей Константинович – химик-эксперт; ассистент кафедры наноматериалов и нанотехнологий (e-mail: secretary@rosreg.info; тел.: 8 (499) 145-60-23; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0178-4540>).

Рабикова Динара Нуруллаевна – врач по общей гигиене; ассистент кафедры гигиены (e-mail: secretary@rosreg.info; тел.: 8 (499) 145-60-23; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3965-7600>).

Проскурина Ангелина Сергеевна – врач по общей гигиене; ассистент кафедры гигиены (e-mail: secretary@rosreg.info; тел.: 8 (499) 145-60-23; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2124-6440>).

Замкова Ирина Валентиновна – врач по санитарно-гигиеническим лабораторным исследованиям (e-mail: secretary@rosreg.info; тел.: 8 (499) 145-60-23; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7959-7246>).

Поиск альтернатив и замена высокоопасных химических веществ в составе продукции и изделий на более безопасные аналоги является одним из центральных направлений деятельности международного сообщества в области безопасного регулирования химических веществ¹. В Российской Федерации решением ЕЭК от 21 апреля 2015 г. № 30 «О мерах нетарифного регулирования» регламентируется обращение озоноразрушающих веществ и продукции, содержащей их, опасных отходов, средств защиты растений и других стойких органических соединений, попадающих под действие Приложений А и В Стокгольмской конвенции, наркотических средств, психотропных веществ и их прекурсоров. Помимо конвенциональных веществ, регулируемых документами ЕЭК, в РФ нет законодательно установленного механизма по выявлению, запрету и ограничению производства и потребления высокоопасных химических соединений.

В рамках научно-исследовательской работы (НИР) по государственной программе «Обеспечение химической и биологической безопасности на 2021–2024 гг.» Российским регистром потенциально опасных химических и биологических веществ ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора была разработана концепция по замещению высокоопасных химических веществ в составе различных видов продукции (пищевая, синтетические моющие средства и товары бытовой химии, пестициды, лакокрасочные материалы, основная химия) на более безопасные аналоги. Научно обоснован национальный перечень химических веществ, вызывающих обеспокоенность, содержащий 1480 наименований, из них – 630 мутагенов, 320 канцерогенов, 271 репротоксикантов², 502 эндокринных разрушителя³. Сформулированы критерии отнесения веществ к кандидатам на запрещение и (или) ограничение. Выработаны предложения по внесению

изменений в методическую и нормативно-правовую базы РФ в области химической безопасности [1–7].

В то же время вопросы регулирования высокоопасных веществ в составе изделий, в том числе их запрет и (или) ограничение, мониторинг на всех стадиях жизненного цикла (от сырья до отходов производства и потребления), надлежащая классификация и утилизация отходов с учетом опасных свойств, поиск альтернатив с целью замены на более безопасные аналоги, в РФ проработаны недостаточно [8, 9].

Цель исследования – научное обоснование критериев и правил отнесения химических веществ в изделия к запрещенным и (или) ограниченным.

Материалы и методы. В качестве материалов были использованы нормативно-правовые акты РФ и ЕС (в частности, технические регламенты, директивы, регламенты и т.д. в области регулирования химических веществ в продукции и изделиях), а также отечественные и международные базы данных, научные статьи и монографии, содержащие информацию о токсических свойствах химических веществ.

Результаты и их обсуждение. Согласно ГОСТ 32419-2022 «Классификация опасности химической продукции»⁴ изделия – это продукция, прошедшая все технологические этапы производства, в процессе которого ей придали специальную форму, поверхность или дизайн, определяющие ее функциональное назначение в большей степени, чем химический состав, и готовая для использования человеком в личных целях или для применения на производстве в том виде, в котором она была выпущена изготовителем. В отличие от химической продукции, требования к безопасности которой, включая классификацию опасности и элементы системы информирования (маркировку и паспорт безопасности), устанавливаются техническим регламентом Евразийского экономического союза «О безопасности химической про-

¹ Об Основах государственной политики Российской Федерации в области обеспечения химической и биологической безопасности на период до 2025 г. и дальнейшую перспективу: Указ Президента РФ от 11.03.2019 № 97 [Электронный ресурс] // Президент России: официальный сетевой ресурс. – URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/44066> (дата обращения: 01.07.2023); Chemicals in products [Электронный ресурс] // SAICM: Knowledge Platform of the Strategic Approach to International Chemicals Management. – 2022. – URL: <https://saicmknowledge.org> (дата обращения: 03.07.2023); Synthesis Report: OECD Workshop on Approaches to Support Substitution and Alternatives Assessment. Series on Risk Management No. 51 [Электронный ресурс] // OECD. – 2019. – URL: [https://images.chemycal.com/Media/Files/env-jm-mono\(2019\)3_synth.pdf](https://images.chemycal.com/Media/Files/env-jm-mono(2019)3_synth.pdf) (дата обращения: 03.07.2023).

² МР 1.2.0321-23. Оценка и классификация опасности репродуктивных токсикантов: методические рекомендации / утв. руководителем Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации А.Ю. Поповой 4 апреля 2023 г. – М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2023. – 32 с.

³ МР 1.2.0313-22. Оценка и классификация опасности эндокринных разрушителей: методические рекомендации / утв. руководителем Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации А.Ю. Поповой 30 декабря 2022 г. – М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2022. – 86 с.

⁴ ГОСТ 32419-2022. Классификация опасности химической продукции. Общие требования / введ. в действие 01.01.2023. – М.: ФГБУ «РСТ», 2022. – 40 с.

⁵ ТР ЕАЭС 041/2017. О безопасности химической продукции: Технический регламент Евразийского экономического союза / принят Решением Совета Евразийской экономической комиссии от 3 марта 2017 г. № 19 (не вступил в силу) [Электронный ресурс] // КОДЕКС: электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/456065181> (дата обращения: 04.07.2023).

дукции» (ТР ЕАЭС 041/2017, не вступил в действие)⁵ и национальным техническим регламентом «О безопасности химической продукции» (проект), изделия и химические вещества в составе изделий не являются объектами регулирования указанных регламентов. Вместе с тем многие изделия содержат в составе высокоопасные химические вещества, которые могут представлять опасность для здоровья человека и окружающей среды как в краткосрочной, так и долгосрочной перспективах, при этом информация о таких веществах, как правило, отсутствует на этикетках и (или) в сопроводительных документах на изделия. Это затрудняет мониторинг обращения высокоопасных химических веществ, классификацию опасности и надлежащую утилизацию отходов потребления.

В Российской Федерации требования безопасности к изделиям устанавливаются следующими техническими регламентами (ТР):

- ТР ТС 003/2011 «О безопасности инфраструктуры железнодорожного транспорта»;
- ТР ТС 005/2011 «О безопасности упаковки»;
- ТР ТС 007/2011 «О безопасности продукции, предназначенной для детей и подростков»;
- ТР ТС 008/2011 «О безопасности игрушек»;
- ТР ТС 010/2011 «О безопасности машин и оборудования»;
- ТР ТС 014/2011 «Безопасность автомобильных дорог»;
- ТР ТС 017/2011 «О безопасности продукции легкой промышленности»;
- ТР ТС 018/2011 «О безопасности колесных транспортных средств»;
- ТР ТС 019/2011 «О безопасности средств индивидуальной защиты»;
- ТР ТС 025/2012 «О безопасности мебели для производства продукции»;
- ТР ТС 026/2012 «О безопасности маломерных судов»;
- ТР ТС 031/2012 «О безопасности сельскохозяйственных и лесохозяйственных тракторов и прицепов к ним»;
- ТР ТС 032/2013 «О безопасности оборудования, работающего под избыточным давлением»;
- ТР ТС 035/2014 «Технический регламент на табачную продукцию»;
- ТР ЕАЭС 037/2016 «Об ограничении применения опасных веществ в изделиях электротехники и радиоэлектроники»;
- ТР ЕАЭС 038/2016 «О безопасности аттракционов»;
- ТР ЕАЭС 050/2021 «О безопасности продукции, предназначенной для гражданской обороны и защиты от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера»;
- ТР ЕАЭС 052/2021 «О безопасности подвижного состава метрополитена».

В целях обоснования критериев и правил отнесения химических веществ в изделиях к запре-

ценным и (или) ограниченным указанные регламенты были проанализированы с учетом наименования изделия, вида материала (полимер, стекло, керамика, металл, сплав и др.), контролируемых химических веществ, требований безопасности к изделиям, включая запрещения и ограничения, показатели миграции химических веществ в различные среды (воздушная среда, вода, модельная среда и др.).

По требованиям химической безопасности к изделиям выявлено 124 химических вещества, регулируемых ТР ТС в продукции легкой промышленности, продукции, предназначенной для детей и подростков, игрушках, мебели, табачной продукции, в средствах индивидуальной защиты, а также в изделиях электротехники и радиоэлектроники. Из них 50 (40,3 %) относятся к группе летучих органических соединений (ЛОС), 33 (26,6 %) представляют собой тяжелые металлы и их соли. Наиболее регулируемые вещества являются формальдегид (213 показателей в ТР ТС), ацетальдегид (116), метиловый спирт (96), фенолы (77), ацетон (64), свинец и его производные (58), бутиловый спирт (55), толуол (50), цинк и его производные (45), ртуть и ее производные (37). Химические вещества в изделиях, регулируемые ТР ТС (первые 10 позиций), с указанием вида и класса опасности по СГС представлены в табл. 1.

Анализ требований ТР ТС показал, что основными критериями опасности химических веществ в изделиях для здоровья человека являются следующие показатели: наличие мутагенного, канцерогенного и репротоксического действий, воздействие на эндокринную систему, а также дополнительная опасность, в том числе острая токсичность при вдыхании и попадании на кожу (1-го и 2-го классов опасности), раздражение верхних дыхательных путей, наркотический эффект; воздействие на органы-мишени и (или) системы при однократном и (или) многократном (продолжительном) контакте с веществом, респираторной и (или) кожной сенсibilизации, повреждения кожи и глаз (1-й класс опасности). При этом такие виды опасности, как острая токсичность при проглатывании и опасность при аспирации, в случае изделий нецелесообразно принимать во внимание ввиду невозможности и (или) малой вероятности процесса.

Распределение опасных свойств химических веществ в составе изделий, регулируемых ТР ТС, представлено в табл. 1 и на рис. 1.

Основными видами опасности химических веществ в составе изделий являются воздействие на репродуктивную функцию и неродившегося ребенка (19 % химических веществ, регулируемых ТР ТС, относятся к репротоксикантам 1-го и 2-го классов опасности по СГС), респираторная и (или) кожная сенсibilизация (17 %), раздражение верхних дыхательных путей (16 %), воздействие на эндокринную систему (13 %).

Химические вещества в изделиях, регулируемые ТР ТС (первые 10 позиций)

Наименование CAS	Кол-во показателей ТР ТС	Класс опасности				Дополнительная опасность
		М	К	Р	Э	
Формальдегид 50-00-0	213	2	1A	1	2	Ожоги кожи (1В класс) и глаз (1-й класс), кожная сенсibilизация (1-й класс), при многократном / продолжительном ингаляционном воздействии: дыхательная система (1-й класс)
Ацетальдегид 75-07-0	116	-	2	-	3	Раздражение верхних дыхательных путей (3-й класс), наркотический эффект (3-й класс)
Метиловый спирт 67-56-1	96	-	-	2	2	При однократном воздействии: центральная нервная система, орган зрения (1-й класс)
Фенол 108-95-2	77	2	-	1	-	Ожоги кожи (1В класс) и глаз (1-й класс), при многократном / продолжительном ингаляционном воздействии: нервная система, дыхательная система (2-й класс)
Ацетон 67-64-1	64	-	-	2	-	Раздражение верхних дыхательных путей (3-й класс), наркотический эффект (3-й класс)
Свинец* 7439-92-1	58	-	2	1A	-	При многократном / продолжительном воздействии: система крови, нервная система, почки (1-й класс)
Бутиловый спирт 71-36-3	55	-	-	-	-	Раздражение верхних дыхательных путей (3-й класс), наркотический эффект (3-й класс)
Толуол 108-88-3	50	-	-	1B	2	Опасность при аспирации (1-й класс); при многократном / продолжительном ингаляционном воздействии: нервная система (2-й класс)
Цинк* 7440-66-6	45	-	-	-	-	Повреждение глаз (1-й класс), при многократном / продолжительном воздействии: дыхательная система, система крови (1-й класс)
Ртуть* 7439-97-6	37	-	-	1	-	Острая токсичность инг. (1-й класс), при многократном ингаляционном воздействии: нервная система (1-й класс)

Примечание: * – позиция включает как металл, так и ионные формы металла, классификация может различаться для конкретных случаев; М – мутаген; К – канцероген; Р – репротоксикант; Э – эндокринный разрушитель; класс опасности в соответствии с классификацией СГС.



Рис. 1. Распределение (%) опасных свойств химических веществ в составе изделий, регулируемых ТР ТС, ТР ЕАЭС

Поскольку около 40 % регулируемых ТР ТС химических веществ в изделиях относятся к ЛОС и представляют собой, например, мономеры полимерных материалов (винилацетат, метилметакрилат, формальдегид, хлоропрен и др.) или растворители (толуол, гексан, гептан и др.), можно предположить, что с течением времени эксплуатации содержание ЛОС в изделиях будет снижаться и, как следствие, будет снижаться обусловленная ими опасность. Раздражение верхних дыхательных путей, респиратор-

ная и (или) кожная сенсibilизация, наркотический эффект присущи в большей степени ЛОС, следовательно, в долгосрочной перспективе наибольшую опасность в изделиях будут представлять химические вещества, не относящиеся к группе ЛОС, обладающие специфическими и отдаленными эффектами, в том числе канцерогенным, репротоксическим, мутагенным, воздействием на эндокринную систему. К таким веществам относятся, например, тяжелые металлы и органические производные, модифи-

цирующие свойства материалов (фотоинициаторы, стабилизаторы, антипирены, отвердители, ускорители, консерванты и др.), применяемые при изготовлении изделий. Стоит отметить, что если на химическую продукцию, выпускаемую в обращение на территории РФ, законодательством предусмотрено составление паспорта безопасности, содержащего информацию об опасных компонентах продукции, а также классификацию и маркировку опасности, что позволяет проследить движение опасных химических веществ в составе продукции на всех стадиях жизненного цикла (от сырьевых компонентов до отходов производства и потребления) и обеспечить безопасное обращение с ними. Однако в случае изделий подобная информация отсутствует, что затрудняет не только процесс надлежащей утилизации отходов, включая возможную переработку и вторичное использование, но и исследования по поиску альтернатив для замены высокоопасных химических веществ в составе изделий на менее опасные аналоги.

Список химических веществ в изделиях, регулируемых ТР ТС, в настоящее время включает, помимо ЛОС и тяжелых металлов, небольшое количество наименований, представляющих собой добавки в полимерные материалы, в том числе антиоксиданты, ускорители вулканизации класса тиазола и тиурама, олово и его производные, полибромированные дифенилы и дифениловые эфиры. При этом широкий круг высокоопасных химических веществ в составе изделий в Российской Федерации практически никак не контролируется, что идет вразрез с международными тенденциями по вопросам их безопасного регулирования.

Например, Европейский список химических веществ в изделиях, вызывающих обеспокоенность для здоровья человека и окружающей среды (так называемый «Список кандидатов» / Candidate List)⁶, включает в настоящее время 235 наименований, в том числе:

- канцерогены класса 1A или 1B по СГС;
- мутагены класса 1A или 1B по СГС;
- репротоксиканты класса 1A или 1B по СГС;
- вещества стойкие, способные к биоаккумуляции и токсичные (PBT);
- вещества очень стойкие, очень биоаккумулирующие (vPvB);
- эндокринные разрушители;
- респираторные сенсбилизаторы;
- вещества, оказывающие воздействие на органы-мишени и (или) системы при многократном (продолжительном) контакте;

– другие вещества, для которых имеются научные доказательства вероятности серьезных последствий для здоровья человека или окружающей среды, сопоставимые с перечисленными в предыдущих пунктах (статья 57 Регламента REACH).

Так как вещества из списка кандидатов рассматриваются как соединения, которые потенциально могут быть запрещены и (или) ограничены в обозримом будущем, наличие у химического вещества одного или нескольких указанных видов опасности является необходимым, но не достаточным условием для его включения в список кандидатов. Важна также проработка вопроса потенциальной возможности замены данного компонента в изделии на менее опасный аналог с учетом технической реализуемости и оценки социально-экономических рисков.

Все компании стран ЕС, которые производят, импортируют, поставляют на рынок ЕС товары (изделия), содержащие в своем составе вещества из списка химических веществ, вызывающих обеспокоенность (более 0,1 % по массе), обязаны предоставлять информацию о данных товарах (изделиях) в Европейское химическое агентство (ECHA) в форме нотификаций. Это позволяет проследить опасные химические вещества на всех стадиях жизненного цикла.

Анализ базы данных «Вещества в изделиях и товарах, вызывающие обеспокоенность» (SCIP)⁷, созданной Европейским химическим агентством в 2021 г. и содержащей информацию об опасных химических веществах в составе изделий и товаров, на рынке Европейского союза, показал, что наиболее часто встречаются свинец и его соединения, бор и его соединения, этилентииомочевина, бисфенол А, силоксаны, хлорированные парафины C₁₄–C₁₇, соединения хрома (VI), фталаты, этоксилированные нонилфенолы (табл. 2, рис. 2). В табл. 2 представлены первые 25 наименований по количеству поданных компаниями нотификаций за период с 01.01.2021 по 01.08.2023 с указанием причины отнесения химического вещества в изделия к вызывающим обеспокоенность, количества нотификаций, области применения. По области применения центральное место в списке кандидатов занимают добавки в полимерные материалы (фотоинициаторы, стабилизаторы, антипирены). Показательно также, что Европейский список кандидатов не содержит ЛОС, акцент делается на опасность химических веществ в изделиях в долгосрочной перспективе.

⁶ Candidate List of substances of very high concern for Authorisation [Электронный ресурс] // ECHA: European Chemicals Agency. – URL: <https://echa.europa.eu/candidate-list-table> (дата обращения: 03.07.2023).

⁷ SCIP Database [Электронный ресурс] // ECHA: European Chemicals Agency. – URL: <https://echa.europa.eu/scip-database> (дата обращения: 03.07.2023).

Т а б л и ц а 2

Химические вещества в изделиях, нотифицированные в системе SCIP 2021–2023 гг. (первые 25 позиций)

№ п/п	Название вещества	CAS №	Причина включения в список кандидатов	Количество нотификаций*	Область применения
1	Свинец и его соединения	7439-92-1 и другие	Репротоксикант	9852535	Электротехнические изделия, транспортные средства, батареи и аккумуляторы
2	Бор и его соединения	7440-42-8 и другие	Репротоксикант	1716812	Изделия из камня, гипса, цемента, стекла, керамики, пластика, кожи, текстильные, электротехнические изделия, конструкционные материалы
3	Имидазолидин-2-тион (этиленглиомиочевина)	96-45-7	Репротоксикант	1228390	Ускоритель вулканизации неопреновых каучуков
4	4,4'-Изопропилидендифенол (бисфенол А)	80-05-7	Репротоксикант, эндокринный разрушитель	1102646	Производство пластмасс, поликарбонатного пластика, эпоксидных смол; электротехнические изделия, термобумага
5	Декаметилциклопентасилоксан	541-02-6	РВТ; vPvV	1085887	Изделия из резины, пластмассы
6	Октаметилциклотетрасилоксан	556-67-2	РВТ; vPvV	1073677	Изделия из резины, пластмассы
7	2-Метил-1-(4-метилтиофенил)-2-морфолинопропан-1-он	71868-10-5	Репротоксикант	852311	Фотоинициатор полимеризации
8	Трис(нонилфенил) фосфит	26523-78-4, 3050-88-2, 31631-13-7, 106599-06-8 и другие	Эндокринный разрушитель	822419	Производство пластиков и резины; упаковки, контактирующей с пищевыми продуктами
9	1,6,7,8,9,14,15,16,17,17,18,18-Додекахлорпентацикло [12.2.1.16,9.02,13.05,10] октадека-7,15-диен ("Дехлоран плюс" TM)	13560-89-9	vPvV	764317	Антипирен для термопластичных пластиков
10	2-Бензил-2-диметиламино-4'-морфолинобутирофенон	119313-12-1	Репротоксикант	749979	Фотоинициатор полимеризации, для пигментирования УФ-отверждаемых систем, фоторезистов, печатных пластин
11	1,1'-Азобискарбоксамид	123-77-3	Респираторный сенсibilизатор	748211	Вспенивающий агент, в производстве текстильных изделий, пластмасс, резины, строительных материалов
12	1,2-Диметоксизтан	110-71-4	Репротоксикант	686611	Электротехнические изделия, батареи
13	2-Метилимидазол	693-98-1	Репротоксикант	686337	Отвердитель эпоксидных смол
14	6,6'-ди-трет-Бутил-2,2'-метилendi-п-крезол	119-47-1	Репротоксикант	683227	Антиоксидант, производство резин, каучуков, нефтепродуктов, пластмасс, волокон, в лакокрасочной промышленности
15	Хлорированные парафины C ₁₄ -C ₁₇	85535-85-9	РВТ; vPvV	672779	Электротехнические изделия
16	Додекаметилциклогексасилоксан	540-97-6	РВТ; vPvV	616328	Изделия из резины, пластмассы
17	1,3,5-Трис(оксиран-2-илметил)-1,3,5-триазин-2,4,6-(1Н,3Н,5Н)-трион	2451-62-9	Мутаген	598114	Отвердитель полиэфирных порошковых красок
18	2-Этилгексил-2-[[[2-[(2-этилгексил)окси]-2-оксоэтил]сульфанил]диоктилстанил]сульфанил]ацетат	15571-58-1	Репротоксикант	577018	Термостабилизатор поливинилхлорида в пищевой упаковке
19	Дициклогексилфталат	84-61-7	Репротоксикант, эндокринный разрушитель	574011	Изделия из поливинилхлорида, резины, пластика, текстильные, электротехнические изделия, транспортные средства
20	Соединения хрома (VI)	1333-82-0, 24613-89-6 и другие	Мутаген, канцероген	484806	Электротехнические изделия, транспортные средства

№ п/п	Название вещества	CAS №	Причина включения в список кандидатов	Количество нотификаций*	Область применения
21	Нонилфенол этоксилированный	-	Эндокринный разрушитель	473720	Неионогенный ПАВ, текстильные изделия, изделия из кожи, обработка металлов
22	Бис(2-этилгексил) фталат	117-81-7	Репротоксикант, эндокринный разрушитель	455496	Пластификатор, производство пластмасс, резины, транспортных средств, текстильных, электротехнических изделий, строительных материалов, батарей и аккумуляторов.
23	Бис(2-(2-метоксиэтокси)этиловый)эфир	143-24-8	Репротоксикант	442439	Электротехнические изделия
24	2,2',6,6'-Тетрабром-4,4'-изопропилидендифенол	79-94-7	Канцероген	404195	Антипирен для смол и полимерных материалов
25	1,2,4-Бензолтрикарбонной кислоты 1,2-ангидрид	552-30-7	Респираторный сенсibilизатор	382426	Отвердитель эпоксидных смол и ингибитор в составе ПВХ-паст для производства линолеума; электротехнические изделия, транспортные средства

Примечание: * – общее количество нотификаций, поданных компаниями Европейского союза с 01.01.2021 по 01.08.2023, составляет 10 592 895; РВТ – вещества стойкие, способные к биоаккумуляции и токсичные; vPvB – вещества очень стойкие, очень биоаккумулярующие.



Рис. 2. Распределение опасных свойств химических веществ в составе изделий, попадающих под нотификацию в SCIP с учетом всех нотификаций за период 01.01.2021 по 01.08.2023 г. (а), с учетом 25 наиболее часто встречающихся (б); включенных в список кандидатов (в), %

Европейский подход к формированию групп изделий, вызывающих обеспокоенность для здоровья человека и окружающей среды, позволяет выделить следующие категории: керамические; стеклянные; металлические; кожаные изделия; изделия из бумаги и картона; пластика и полимеров; резины и эластомеров; камня, гипса и цемента; волокон, в том числе текстильных; древесины; другое (изделия из смешанных материалов). Наиболее часто химические вещества из списка

кандидатов нотифицируются в изделиях металлических (39 % нотификаций), из смешанных материалов (21 %), стеклянных (11 %), из резины и эластомеров (10 %), из пластика и полимеров (9 %) (рис. 3).

Анализ распределения опасных свойств химических веществ из списка кандидатов и химических веществ в составе изделий, нотифицированных в SCIP, показал, что основными видами опасности являются репротоксическое действие (26–30 % химиче-

ских веществ обладают данным видом опасности), канцерогенность (15–20 %), способность воздействовать на эндокринную систему (17–21 %), очень стойкие и очень биоаккумулирующие (11–17 %).



Рис. 3. Распределение нотификаций химических веществ из списка кандидатов по категориям (группам) изделий, %

В целях разработки эффективных мероприятий по минимизации риска воздействия химических веществ в изделиях и безопасному управлению на всех стадиях жизненного цикла, в том числе запрету и (или) ограничению, надлежащей утилизации отходов, стимулированию исследований по поиску альтернатив, а также создания прозрачного механизма, обеспечивающего возможность отнесения химического вещества к запрещенным и (или) ограниченным, считаем целесообразным формирование и ведение национального перечня химических веществ в изделиях, вызывающих обеспокоенность.

Такой перечень должен включать как вещества, оказывающие преимущественное воздействие в краткосрочной перспективе (например, ЛОС), так и вещества, оказывающие воздействие в долгосрочной перспективе. Европейский подход к составлению списка кандидатов, исключающий из рассмотрения ЛОС, считаем неприменимым в Российской Федерации, так как многие ЛОС:

- являются высокоопасными веществами (например, формальдегид мутаген 2-го класса опасности, канцероген – 1А, репротоксикант – 1-го, эндокринный разрушитель – 2-го; бензол мутаген – 1В, канцероген – 1А, репротоксикант – 1-го; винилхлорид канцероген – 1А, репротоксикант – 1-го, эндокринный разрушитель – 2-го);

- широко применяются для синтеза полимерных материалов изделий, с которыми контактирует значительное количество населения;

- регулярно загрязняют среду обитания человека посредством миграции в воздух и воду, что становится острой проблемой особенно для чувствительных групп населения (например, формальдегид в изделиях строительной отрасли).

Необходимо осуществлять не только контроль ЛОС в изделиях на соответствие требованиям ТР

ТС, но и искать пути снижения их содержания и (или) замены.

Кандидатами на включение в национальный перечень химических веществ в изделиях, вызывающих обеспокоенность, являются химические вещества, классифицированные в соответствии с СГС по:

- канцерогенности (1-й и 2-й классы опасности);
- мутагенности (1-й и 2-й классы опасности);
- репротоксичности (1-й и 2-й классы опасности);
- способности воздействовать на эндокринную систему (1-й и 2-й классы опасности);
- острой токсичности при вдыхании и попадании на кожу (1-й и 2-й классы опасности);
- повреждению кожи и глаз (1-й класс опасности);
- респираторной и (или) кожной сенсибилизации (1-й класс опасности);
- избирательной токсичности на органы-мишени и (или) системы при однократном и (или) многократном (продолжительном) воздействии (в том числе, обладающие наркотическим эффектом и способностью раздражать верхние дыхательные пути);
- острой (1-й класс опасности) и хронической (1-й и 2-й классы опасности) токсичности для представителей водной биоты [10]; а также вещества
- стойкие, способные к биоаккумуляции и токсичные;
- очень стойкие, очень биоаккумулирующие.

Химические вещества, классифицированные как канцерогены, мутагены, репротоксиканты, эндокринные разрушители 1-го и 2-го классов опасности по СГС, поименованы в проекте национального перечня химических веществ, вызывающих обеспокоенность, содержащего 1480 наименований, из них – 630 мутагенов, 320 канцерогенов, 271 репротоксикант, 502 эндокринных разрушителя (12 веществ обладают четырьмя эффектами, 29 веществ – тремя эффектами). Сравнение национального перечня химических веществ, вызывающих обеспокоенность, с Единым перечнем химических веществ, полученным в рамках инвентаризации и размещенным на Государственном информационном сайте промышленности (по состоянию на июль 2023 г.) показал, что 1295 наименований (87,5 %) обращаются на территории РФ.

Для включения химического вещества в национальный перечень химических веществ в изделиях, вызывающих обеспокоенность, помимо оценки и классификации опасности для здоровья человека и окружающей среды, необходимо учитывать:

- риск воздействия,
- количество контактирующих лиц,
- объемы производства,
- область применения,
- миграцию вещества из изделия в воздушную и водную среду,
- способ утилизации (переработка, вторичное использование),
- возможность замены на менее опасные аналоги с учетом международного опыта.

Примеры замен опасных химических веществ в составе изделий [13–20]

№	Наименование	Замена (альтернатива)
1	Свинец и его соединения	В качестве термостабилизатора при производстве ПВХ – гидроталькит синтетический; – в производстве резинотехнических изделий, пластмассовых изделий – гидраты магния и алюминия
2	Бисфенол А	Полиамид в детских бутылочках из прозрачного жесткого пластика; – в бутылках для питья – сополимер диметилтерефталата, циклогександиметанола и 2,2,4,4-тетраметил-1,3-циклобутандиола; – в качестве внутренней поверхности упаковки – смесь на основе растительного масла и смолы
3	Ди(2-этилгексил)фталат	Пластификаторы в игрушках и предметах ухода за детьми – ди (изононил) адипат, ацетилтрибутилцитрат, ди(изононил)циклогексан-1,2-дикарбоксилат, ди(2-этилгексил)терефталат, фениловые эфиры C ₁₀ –C ₁₈ -алкилзамещенных сульфокислот; – для замены основы ковра из ПВХ и фталатного пластификатора – сополимер этена-1-ацетена; – в пластизольной печати в текстильной промышленности – диметилсилоксан и метилгидросилоксан
4	2,2',6,6'-Тетрабром-4,4'-изопропилидендифенол	Гидроксид алюминия, полифосфат меламина, алюминиевая соль диэтилфосфиновой кислоты, бемит
5	Перфтороктановая кислота	Текстильные и ковровые изделия – парафины; силоксаны, модифицированные альфа-олефином; полиуретаны, модифицированные жирными кислотами

Для многих конвенциональных веществ (Стокгольмская, Роттердамская конвенции), а также для веществ из Европейского списка кандидатов разработаны или разрабатываются альтернативы с учетом области применения (табл. 3) [11, 12].

Создание национального перечня химических веществ в изделиях, вызывающих обеспокоенность, позволит организовать мониторинг их обращения на территории РФ. В рамках реализации национального технического регламента «О безопасности химической продукции» для таких веществ может быть предусмотрена разрешительная регистрация. Кроме того, с привлечением производителей возможно формирование базы данных «Вещества в изделиях», что будет способствовать установлению состава отходов потребления и производства и их надлежащей классификации и утилизации.

Последующее решение вопроса об отнесении химического вещества в изделии к запрещенным и (или) ограниченным принимается на основе экспертного заключения, подготовленного с привлечением представителей Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Министерства здравоохранения РФ, Министерства промышленности и торговли РФ, Министерства природных ресурсов и экологии РФ, Министерства сельского хозяйства РФ, Министерства экономического развития РФ, содержащего:

– оценку и классификацию опасности и риска воздействия химического вещества для здоровья человека и окружающей природной среды;

– обоснование допустимого уровня содержания в изделии, уровней миграции в воздушную и водную среды;

– информацию о наличии альтернатив, включая более безопасные химические аналоги, технологические альтернативы, возможность использования организационных мер в качестве замены для опасного химического вещества;

– оценку альтернатив;

– оценку социально-экономических рисков, связанных с запрещением и (или) ограничением химического вещества;

– вывод о возможности отнесения вещества к запрещенным и (или) ограниченным.

Выводы. В результате проведенной работы обоснованы критерии и правила отнесения химических веществ в изделиях к запрещенным и (или) ограниченным. Предложен механизм формирования национального перечня химических веществ в изделиях, вызывающих обеспокоенность, создание которого позволит организовать мониторинг их обращения на территории РФ, надлежащую утилизацию отходов, стимулировать научно-исследовательские работы по поиску альтернатив.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Advancing safer alternatives through functional substitution / J.A. Tickner, J.N. Schifano, A. Blake, C. Rudisill, M.J. Mulvihill // *Environ. Sci. Technol.* – 2015. – Vol. 49, № 2. – P. 742–749. DOI: 10.1021/es503328m
2. Хамидулина Х.Х., Проскурина А.С., Тарасова Е.В. Разработка и внедрение концепции по замене высокоопасных веществ безопасными химическими альтернативами // *Медицина труда и промышленная экология.* – 2022. – Т. 62, № 11. – С. 733–739. DOI: 10.31089/1026-9428-2022-62-11-733-739
3. Предложения по усовершенствованию методической и нормативно-правовой базы РФ в области химической безопасности / Х.Х. Хамидулина, Е.В. Тарасова, А.К. Назаренко, Д.Н. Рабикова, А.С. Проскурина // *Токсикологический вестник.* – 2023. – Т. 31, № 4. – С. 214–225. DOI: 10.47470/0869-7922-2023-31-4-214-225
4. Reproductive toxicity of combined effects of endocrine disruptors on human reproduction / S. Dutta, P. Sengupta, S. Bagchi, B.S. Chhikara, A. Pavlík, P. Sláma, S. Roychoudhury // *Front. Cell. Dev. Biol.* – 2023. – Vol. 11. – P. 1162015. DOI: 10.3389/fcell.2023.1162015
5. Kabir E.R., Rahman M.S., Rahman I. A review on endocrine disruptors and their possible impacts on human health // *Environ. Toxicol. Pharmacol.* – 2015. – Vol. 40, № 1. – P. 241–258. DOI: 10.1016/j.etap.2015.06.009
6. Оценка и классификация опасности эндокринных разрушителей // *Токсикологический вестник.* – 2023. – Т. 31, № 2. – С. 135–138. DOI: 10.47470/0869-7922-2023-31-2-135-138
7. Endocrine Disruptors in Food, Estrobolome and Breast Cancer / A. Filippone, C. Rossi, M.M. Rossi, A. Di Micco, C. Maggiore, L. Forcina, M. Natale, L. Costantini [et al.] // *J. Clin. Med.* – 2023. – Vol. 12, № 9. – P. 3158. DOI: 10.3390/jcm12093158
8. Sustainable municipal waste management strategies through life cycle assessment method: A review / J. Zhang, Q. Qin, G. Li, C.-H. Tseng // *J. Environ. Manage.* – 2021. – Vol. 287. – P. 112238. DOI: 10.1016/j.jenvman.2021.112238
9. Lalit D., Adyasha D., Sitikantha M. Municipal Solid Waste Model Development through Binary Coding // *Ecology Environment and Conservation.* – 2022. DOI: 10.53550/EEC.2022.v28i03.069
10. Human exposure to endocrine disrupting chemicals: effects on the male and female reproductive systems / S. Sifakis, V.P. Androutsopoulos, A.M. Tsatsakis, D.A. Spandidos // *Environ. Toxicol. Pharmacol.* – 2017. – Vol. 51. – P. 56–70. DOI: 10.1016/j.etap.2017.02.024
11. Социально-гигиенический мониторинг на современном этапе: состояние и перспективы развития в сопряжении с риск-ориентированным надзором / Н.В. Зайцева, И.В. Май, Д.А. Кирьянов, Д.В. Горяев, С.В. Клейн // *Анализ риска здоровью.* – 2016. – № 4. – С. 4–16. DOI: 10.21668/health.risk/2016.4.01.
12. Alternatives Assessment Frameworks: Research Needs for the Informed Substitution of Hazardous Chemicals / M.M. Jacobs, T.F. Malloy, J.A. Tickner, S. Edwards // *Environ. Health Perspect.* – 2016. – Vol. 124, № 3 – P. 265–280. DOI: 10.1289/ehp.1409581
13. A curated knowledgebase on endocrine disrupting chemicals and their biological systems-level perturbations / B.S. Karthikeyan, J. Ravichandran, K. Mohanraj, R.P. Vivek-Ananth, A. Samal // *Science of the Total Environment.* – 2019. – № 692. – P. 281–296. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.07.225
14. Antonsson A.B. Substitution of dangerous chemicals – the solution to problems with chemical health hazards in the work environment? // *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* – 1995. – Vol. 56, № 4. – P. 394–397. DOI: 10.1080/15428119591017024
15. Lissner L., Romano D. Substitution for hazardous chemicals on an international level – the approach of the European project “SUBSPORT” // *New Solut.* – 2011. – Vol. 21, № 3. – P. 477–497. DOI: 10.2190/NS.21.3.1
16. Lofstedt R. The substitution principle in chemical regulation: A constructive critique // *Journal of Risk Research.* – 2014. – Vol. 17, № 5. DOI: 10.1080/13669877.2013.841733
17. Decisions, Science, and Values: Crafting Regulatory Alternatives Analysis / T. Malloy, A. Blake, I. Linkov, P. Sinheimer // *Risk Anal.* – 2015. – Vol. 35, № 12. – P. 2137–2151. DOI: 10.1111/risa.12466
18. Environmental impact assessment model for substitution of hazardous substances by using life cycle approach / S. Oguzcan, J. Dvarioniene, A. Tugnoli, J. Kruopiene // *Environ. Pollut.* – 2019. – Vol. 254, Pt A. – P. 112945. DOI: 10.1016/j.envpol.2019.07.113
19. A perspective on hazardous chemical substitution in consumer products / S.R. Syeda, E.A. Khan, O. Padungwatanaroj, N. Kuprasertwong, A.K. Tula // *Current Opinion in Chemical Engineering.* – 2022. – Vol. 36. – P. 100748. DOI: 10.1016/j.coche.2021.100748
20. An approach to identify, prioritise and provide regulatory follow-up actions for new or emerging risks of chemicals for workers, consumers and the environment / L.G. Soeteman-Hernández, E.A. Hogendoorn, J. Bakker, F.A. Van Broekhuizen, N.G.M. Palmen, Y. Bruinen De Bruin, M. Kooi, D.T.H.M. Sijm, T.P. Traas // *International Journal of Risk Assessment and Management.* – 2018. – Vol. 21, № 3. – P. 248–269. DOI: 10.1504/IJRAM.2018.093763

Предложения по регулированию высокоопасных химических веществ в изделиях / Х.Х. Хамидулина, Е.В. Тарасова, А.К. Назаренко, Д.Н. Рабикова, А.С. Проскурина, И.В. Замкова // Анализ риска здоровью. – 2023. – № 3. – С. 17–28. DOI: 10.21668/health.risk/2023.3.02



Research article

SOME PROPOSALS ON REGULATION OF HIGHLY HAZARDOUS CHEMICALS IN ARTICLES

**Kh.Kh. Khamidulina^{1,2}, E.V. Tarasova¹, A.K. Nazarenko^{1,3},
D.N. Rabikova^{1,2}, A.S. Proskurina^{1,2}, I.V. Zamkova¹**

¹The Russian Register of Potentially Hazardous Chemical and Biological Substances – the branch of the Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman of Rospotrebnadzor, 8 Bagrationovskii passage, build. 2, Moscow, 121087, Russian Federation

²Russian Medical Academy for Continuous Occupational Education, 2/1 Barrikadnaya St., build. 1, Moscow, 125993, Russian Federation

³Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, 9 Miusskaya square, build. 6, Moscow, 125047, Russian Federation

When developing safety regulations for chemicals, the international society is constantly searching for safer analogues of highly hazardous chemicals to use as alternatives in various products. Within the Scientific Research Work under the State Program 'Provision of Chemical and Biological Safety in 2021–2024', The Russian Register of Potentially Hazardous Chemical and Biological Substances of the Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman of Rospotrebnadzor has developed a concept on replacement of highly hazardous chemicals in various products (food products, synthetic detergents and household chemicals, pesticides, paints and varnishes, basic chemicals) with their safer analogues. Still, we should highlight that regulation of highly hazardous chemicals in articles has not been developed sufficiently in the RF. Therefore, the purpose of the study was to provide scientific substantiation for criteria and rules for assigning chemicals in articles as prohibited and (or) restricted.

Materials this study is based on are represented by the regulatory legal acts of the Russian Federation, EEC and the EU (in particular, Decrees, Resolutions, Technical Regulations, Directives, Regulations, etc. in the field of safe management of substances of concern), as well as domestic and international databases, scientific articles and monographs containing information on the toxic properties of chemicals.

In order to develop effective measures to minimize the risk of exposure to chemicals in articles and their safe management at all stages of a life cycle, the study provides substantiation of criteria and rules for assigning chemicals in articles as prohibited and (or) restricted and proposes a mechanism for the creation of a National list of chemicals of concern in articles. When created, this List will allow monitoring of their circulation on the territory of the Russian Federation, proper waste disposal, and stimulating research work to find alternatives.

Keywords: chemical safety, regulation, highly hazardous chemicals, articles, materials, prohibition, restriction, analogues.

References

1. Tickner J.A., Schifano J.N., Blake A., Rudisill C., Mulvihill M.J. Advancing safer alternatives through functional substitution. *Environ. Sci. Technol.*, 2015, vol. 49, no. 2, pp. 742–749. DOI: 10.1021/es503328m
2. Khamidulina Kh.Kh., Proskurina A.S., Tarasova E.V. Development and implementation of a concept for the replacement of highly hazardous substances with safe chemical alternatives. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2022, vol. 62, no. 11, pp. 733–739. DOI: 10.31089/1026-9428-2022-62-11-733-739 (in Russian).

© Khamidulina Kh.Kh., Tarasova E.V., Nazarenko A.K., Rabikova D.N., Proskurina A.S., Zamkova I.V., 2023

Khalidya Kh. Khamidulina – Doctor of Medical Sciences, Director; Professor, Head of the Department of Hygiene (e-mail: director@rosreg.info; tel.: +7 (499) 145-60-23; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7319-5337>).

Elena V. Tarasova – Candidate of Chemical Sciences, expert chemist (e-mail: secretary@rosreg.info; tel.: +7 (499) 145-60-23; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4020-3123>).

Andrey K. Nazarenko – expert chemist; assistant at the Department of Nanomaterials and Nanotechnologies (e-mail: secretary@rosreg.info; tel.: +7 (499) 145-60-23; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0178-4540>).

Dinara N. Rabikova – general hygiene doctor; assistant at the Department of Hygiene (e-mail: secretary@rosreg.info; tel.: +7 (499) 145-60-23; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3965-7600>).

Angelina S. Proskurina – general hygiene doctor; assistant at the Department of Hygiene (e-mail: secretary@rosreg.info; tel.: +7 (499) 145-60-23; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2124-6440>).

Irina V. Zamkova – doctor for sanitary and hygienic laboratory tests (e-mail: secretary@rosreg.info; tel.: +7 (499) 145-60-23; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7959-7246>).

3. Khamidulina Kh.Kh., Tarasova E.V., Nazarenko A.K., Rabikova D.N., Proskurina A.S. Proposals for improving the methodic and regulatory framework of the Russian Federation in the field of chemical safety. *Toksikologicheskii vestnik*, 2023, vol. 31, no. 4, pp. 214–225. DOI: 10.47470/0869-7922-2023-31-4-214-225 (in Russian).
4. Dutta S., Sengupta P., Bagchi S., Chhikara B.S., Pavlik A., Sláma P., Roychoudhury S. Reproductive toxicity of combined effects of endocrine disruptors on human reproduction. *Front. Cell. Dev. Biol.*, 2023, vol. 11, pp. 1162015. DOI: 10.3389/fcell.2023.1162015
5. Kabir E.R., Rahman M.S., Rahman I. A review on endocrine disruptors and their possible impacts on human health. *Environ. Toxicol. Pharmacol.*, 2015, vol. 40, no. 1, pp. 241–258. DOI: 10.1016/j.etap.2015.06.009
6. Assessment and classification of the danger of endocrine disruptors. *Toksikologicheskii vestnik*, 2023, vol. 31, no. 2, pp. 135–138. DOI: 10.47470/0869-7922-2023-31-2-135-138 (in Russian).
7. Filippone A., Rossi C., Rossi M.M., Di Micco A., Maggiore C., Forcina L., Natale M., Costantini L. [et al.]. Endocrine Disruptors in Food, Estrobolome and Breast Cancer. *J. Clin. Med.*, 2023, vol. 12, no. 9, pp. 3158. DOI: 10.3390/jcm12093158
8. Zhang J., Qin Q., Li G., Tseng C.-H. Sustainable municipal waste management strategies through life cycle assessment method: A review. *J. Environ. Manage.*, 2021, vol. 287, pp. 112238. DOI: 10.1016/j.jenvman.2021.112238
9. Lalit D., Adyasha D., Sitikantha M. Municipal Solid Waste Model Development through Binary Coding. *Ecology Environment and Conservation*, 2022. DOI: 10.53550/EEC.2022.v28i03.069
10. Sifakis S., Androutopoulos V.P., Tsatsakis A.M., Spandidos D.A. Human exposure to endocrine disrupting chemicals: effects on the male and female reproductive systems. *Environ. Toxicol. Pharmacol.*, 2017, vol. 51, pp. 56–70. DOI: 10.1016/j.etap.2017.02.024
11. Zaitseva N.V., May I.V., Kiryanov D.A., Goryaev D.V., Kleyn S.V. Social and hygienic monitoring today: state and prospects in conjunction with the risk-based supervision. *Health Risk Analysis*, 2016, no. 4, pp. 4–16. DOI: 10.21668/health.risk/2016.4.01.eng
12. Jacobs M.M., Malloy T.F., Tickner J.A., Edwards S. Alternatives Assessment Frameworks: Research Needs for the Informed Substitution of Hazardous Chemicals. *Environ. Health Perspect.*, 2016, vol. 124, no. 3, pp. 265–280. DOI: 10.1289/ehp.1409581
13. Karthikeyan B.S., Ravichandran J., Mohanraj K., Vivek-Ananth R.P., Samal A. A curated knowledgebase on endocrine disrupting chemicals and their biological systems-level perturbations. *Science of the Total Environment*, 2019, no. 692, pp. 281–296. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.07.225
14. Antonsson A.B. Substitution of dangerous chemicals – the solution to problems with chemical health hazards in the work environment? *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.*, 1995, vol. 56, no. 4, pp. 394–397. DOI: 10.1080/15428119591017024
15. Lissner L., Romano D. Substitution for hazardous chemicals on an international level – the approach of the European project “SUBSPORT”. *New Solut.*, 2011, vol. 21, no. 3, pp. 477–497. DOI: 10.2190/NS.21.3.1
16. Lofstedt R. The substitution principle in chemical regulation: A constructive critique. *Journal of Risk Research*, 2014, vol. 17, no. 5. DOI: 10.1080/13669877.2013.841733
17. Malloy T., Blake A., Linkov I., Sinsheimer P. Decisions, Science, and Values: Crafting Regulatory Alternatives Analysis. *Risk Anal.*, 2015, vol. 35, no. 12, pp. 2137–2151. DOI: 10.1111/risa.12466
18. Oguzcan S., Dvarioniene J., Tugnoli A., Kruopiene J. Environmental impact assessment model for substitution of hazardous substances by using life cycle approach. *Environ. Pollut.*, 2019, vol. 254, pt A, pp. 112945. DOI: 10.1016/j.envpol.2019.07.113
19. Syeda S.R., Khan E.A., Padungwatanaroj O., Kuprasertwong N., Tula A.K. A perspective on hazardous chemical substitution in consumer products. *Current Opinion in Chemical Engineering*, 2022, vol. 36, pp. 100748. DOI: 10.1016/j.coche.2021.100748
20. Soeteman-Hernández L.G., Hogendoorn E.A., Bakker J., Van Broekhuizen F.A., Palmen N.G.M., Bruinen De Bruin Y., Kooi M., Sijm D.T.H.M., Traas T.P. An approach to identify, prioritise and provide regulatory follow-up actions for new or emerging risks of chemicals for workers, consumers and the environment. *International Journal of Risk Assessment and Management*, 2018, vol. 21, no. 3, pp. 248–269. DOI: 10.1504/IJRAM.2018.093763

Khamidulina Kh.Kh., Tarasova E.V., Nazarenko A.K., Rabikova D.N., Proskurina A.S., Zamkova I.V. Some proposals on regulation of highly hazardous chemicals in articles. Health Risk Analysis, 2023, no. 3, pp. 17–28. DOI: 10.21668/health.risk/2023.3.02.eng

Получена: 15.07.2023

Одобрена: 08.09.2023

Принята к публикации: 20.09.2023