



Алексеева А.В., Евсева И.С., Ушакова О.В., Трегубова Л.Ю.

О возможности многократного использования различных видов полимерной тары (обзор литературы)

ФГБУ «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» ФМБА России, 119121, Москва

В статье представлен обзор литературы, посвящённой использованию полимерных материалов в качестве оборотной тары для поставки воды потребителям. При проведении поиска литературы использовали следующие базы данных: Pubmed, Scopus, Web of Science, MedLine, Global Health, РИНЦ.

Цель работы — на основании литературных данных собрать сведения об источниках загрязнения питьевой воды, упакованной в полимерную тару, и оценить возможности её безопасного повторного применения. Проведённые информационно-аналитические исследования показали, что многократное использование полимерной тары (в частности, ПЭТ-тары) может оказаться ненадёжным как с точки зрения химической, так и микробиологической безопасности. В работе определены основные химические компоненты, мигрирующие из полимерной тары, которые оказывают наибольшее влияние на качество питьевой воды. Также рассмотрено влияние температуры хранения, длительности контакта пластика с водой, истирания материала, фотохимического старения бутылок и воздействие дезинфицирующих средств.

Проведённые исследования показали, что на данный момент нет нормативно-методических документов, регламентирующих возможность и условия повторного применения пластиковой тары (19-литровых бутылей), количество циклов её повторного использования, показатели, по которым происходит оценка, и критерии, по которым бывшая в употреблении тара не может быть использована в дальнейшем.

Возможность многократного повторного использования полимерной тары для хранения воды в настоящее время нуждается в регламентировании. В литературе недостаточно сведений об износостойкости различных видов пластика и максимальном количестве циклов обработки моющими и дезинфицирующими средствами, которые он может выдержать без разрушения своей структуры. Принимая во внимание данные о деструктивных изменениях полимеров под воздействием внешних факторов (температура, солнечный свет и т. п.), а также в процессе обработки оборотной тары моющими средствами необходимо предложить и научно обосновать на основании современных исследований документы, регламентирующие её использование. Необходим также поиск безопасных, простых и эффективных способов и средств дезинфекции полимерной тары.

Ключевые слова: полимерная тара; бутилированная вода; здоровье; обзор

Для цитирования: Алексеева А.В., Евсева И.С., Ушакова О.В., Трегубова Л.Ю. О возможности многократного использования различных видов полимерной тары (обзор литературы). *Гигиена и санитария*. 2022; 101(5): 527–531. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-5-527-531>

Для корреспонденции: Алексеева Анна Венедиктовна, канд. мед. наук, нач. отд. гигиены ФГБУ «ЦСП» ФМБА России, 119121, Москва. E-mail: AAlekseeva@cspmz.ru

Участие авторов: Алексеева А.В. — концепция и дизайн исследования, написание текста, сбор материала и обработка данных, редактирование, утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи; Евсева И.С. — концепция и дизайн исследования, написание текста, сбор материала и обработка данных, редактирование; Ушакова О.В. — концепция и дизайн исследования, написание текста, редактирование.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Поступила: 13.01.2022 / Принята к печати: 12.04.2022 / Опубликовано: 31.05.2022

Anna V. Alekseeva, Irina S. Evseeva, Olga V. Ushakova, Lyudmila Yu. Tregubova

The possibility of using different types of polymeric and polymer-containing reusable containers (literature review)

Centre for Strategic Planning of FMBA of Russia, Moscow, 119121, Russian Federation

The article contains a review of the literature devoted to research the possibility of using polymeric materials as returnable containers for the supply of water to consumers. When conducting a literature search, the following databases were used: Pubmed, Scopus, Web of Science, MedLine, Global Health, RSCI.

The purpose of the work was to collect information on the sources of contamination of drinking water packed in polymer containers based on the literature data and evaluate the possibilities of its safe reuse. Conducted information and analytical studies have shown that the repeated use of polymer containers (in particular, PET containers) may be unreliable, both in terms of chemical and microbiological safety. The paper identifies the main chemical components migrating from polymer containers, which have the greatest impact on the quality of drinking water. The influence of storage temperature, the duration of contact of plastic with water, abrasion of the material, the influence of photochemical aging of bottles and the impact of disinfectants are also considered.

The conducted studies have shown that at the moment there are no regulatory and methodological documents regulating the possibility and conditions for the reuse of plastic containers (19-liter bottles), the number of cycles of its reuse, the indicators by which the assessment is made, and the criteria by which the already used container cannot be used further. The possibility of multiple reuse of polymer containers for water storage currently needs to be regulated.

There is little literature data on the wear resistance of various types of plastic and the maximum number of cycles of detergents and disinfectants that it can withstand without destroying its structure. Taking into account the data on the destructive changes in polymers under the influence of external factors (temperature, sunlight, etc.), and in the process of treating it with detergents, it is necessary to propose and scientifically substantiate documents regulating the use of returnable packaging, taking into account the materials of modern research. It is also necessary to search for safe, simple and effective methods and means of disinfection of polymer containers.

Keywords: polymer containers; bottled water; health; review

For citation: Alekseeva A.V., Evseeva I.S., Ushakova O.V., Tregubova L.Yu. The possibility of using different types of polymeric and polymer-containing reusable containers (literature review). *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2022; 101(5): 527–531. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-5-527-531> (In Russian)

For correspondence: Anna V. Alekseeva, MD, PhD, head of the hygiene department Centre for Strategic Planning and Management of Biomedical Health Risks of the Federal Medical Biological Agency, Moscow, 119121, Russian Federation. E-mail: AAlekseeva@cspmz.ru

Information about the authors:

Alekseeva A.V., <https://orcid.org/0000-0002-0422-8382> Ushakova O.V., <https://orcid.org/0000-0003-2275-9010>
Evseeva I.S., <https://orcid.org/0000-0001-5765-0192> Tregubova L.Yu., <https://orcid.org/0000-0003-2762-1192>

Contribution: Alekseeva A.V. — concept and design of the study, text writing, collection of material and data processing, editing. Evseeva I.S. — concept and design of the study, text writing, collection of material and data processing, editing. Ushakova O.V. — concept and design of research, text writing, material collection and data processing. Tregubova L.Yu. — concept and design of the study, text writing, collection of material and data processing, editing. All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgement. The study had no sponsorship.

Received: January 13, 2022 / Accepted: April 12, 2022 / Published: May 31, 2022

Более десяти лет население всё чаще выбирает бутилированную питьевую воду вместо менее полезных для здоровья калорийных напитков. Производство бутилированной воды существует практически повсеместно. В 2018 г. мировое потребление бутилированной воды впервые превысило предполагаемые 450 млрд литров и составило более 160 000 л на душу населения [1].

В законодательстве ведущих стран Евросоюза на данный момент регламентируется состав компонентов в материалах, из которых изготавливается тара для упаковки питьевой воды. Данные регламенты изначально должны гарантировать безвредность материалов в случае контакта с водой или пищевыми продуктами. В зависимости от требований рынка и по мере появления новых результатов исследований разрабатываются новые документы или дополняются существующие [2].

В России основные требования к материалам и качеству получаемой в результате контакта с ними питьевой воды сформулированы в Единых санитарно-эпидемиологических и гигиенических требованиях к продукции (товарам), подлежащей санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю), СанПиН 1.2.3685-21¹, СанПиН 1.2.3684-21². В этих документах приведены гигиенические нормативы для контроля качества воды: определены микробиологические показатели, органолептические характеристики, в том числе с учётом примесей и предельно допустимых концентраций (ПДК) химических веществ, на них влияющих, дана классификация опасных химических веществ.

Упаковка должна отвечать всем требованиям безопасности и не оказывать негативного влияния на здоровье человека. В соответствии с ГОСТ Р 17527-2003 «Упаковка. Термины и определения»³ тара — это основной элемент упаковки, предназначенный для размещения продукции. Тара должна обеспечить сохранение свойств и качеств продукта. Кроме того, на территории России действуют ТР ТС 005/2011⁴ и ТР ЕАЭС 044/2017⁵, устанавливающие обязательные требования к качеству воды и её упаковки, а также к условиям транспортировки, хранения и утилизации тары. Согласно этим документам, упаковка должна быть безопасна в части санитарно-гигиенических показателей, обладать механической, химической устойчивостью и быть герметичной.

Достаточно распространённой практикой является повторное использование тары как в личных, так и в коммерческих целях, например, 19-литровых бутылей для доставки

воды в офисы и дома, причём удельный вес повторного использования тары в разных странах не зависит от экономического благосостояния. Опрос британских и нигерийских респондентов показал, что тара для воды используется повторно в 80 и 83% случаев соответственно, а средняя продолжительность для одной бутылки варьировала от 1 до 60 дней [3]. Данные о среднем количестве возможных повторных производственных циклов 19-литровых бутылей в зарубежных странах и в России найти не удалось.

В настоящее время в качестве тары для поставки воды потребителям используют бутылки, которые изготавливают в основном из полимерных материалов [4], отличающихся по технологии производства, рецептуры, исходного сырья и вносимых добавок. Токсичность (или, наоборот, безвредность) ингредиентов, входящих в состав полимерных материалов, существенным образом влияет на решение вопроса о допустимости применения того или иного материала в питьевом водоснабжении. При производстве бутылей для воды чаще всего используют полиэтилентерефталат (ПЭТ): в 2018 г. из него было произведено 64% ёмкостей, 34% — из полиэтилена высокой плотности (ПЭВП), 1,8% — из полипропилена, 1% — из иных пластиков, в том числе поликарбоната (ПК) [5, 6]. Производство ПЭТ во всём мире составило 27,64 млн тонн [5].

ПЭТ-тара обрела популярность благодаря удобству применения, высокой прочности, малому весу, дешевизне, высокому барьерным свойствам по отношению к воде и влаге, прочности (изделия не разбиваются), инертности к упакованным в неё продуктам и слабой абсорбции запахов [7]. ПЭТ-тара не содержит бисфенола-А [9], сохраняет все свои характеристики при температуре от минус 40 до плюс 75 °С, разрушается под действием щелочей [8].

Однако, несмотря на явные потребительские преимущества, в связи с растущей популярностью потребления бутилированной воды в настоящее время имеется много вопросов к безопасности применения данного вида упаковки и качеству воды, разлитой в полимерные бутылки, при их многократном повторном использовании [10]. Возможная миграция неучтённых химических соединений, остаточные количества дезинфицирующих средств (при обороте 19-литровых бутылей), механическое истирание пластика могут представлять риск для здоровья потребителей.

Многочисленные литературные данные указывают на то, что в бутилированной воде независимо от сроков и условий хранения могут содержаться такие вещества, как формальдегид, ацетальдегид, безальдегид, акролеин и ацетон [3, 4, 11], а также карбоновые кислоты, пластификаторы, многие другие органические соединения и сурьма [6, 12–16]. Оценка влияния ПЭТ-бутылок на безопасность воды, проведённая в Иркутском государственном университете, показала, что при изменении условий хранения (нагревание, воздействие прямых солнечных лучей) отмечается усиление миграции химических веществ. Одним из выводов данного исследования явилось то, что ПЭТ-бутылки пригодны только для одноразового использования. Подтверждением этому служат полученные данные о миграции этиленгликоля, диметилфталата, формальдегида и других соединений при повторном использовании тары [17].

¹ СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

² СанПиН 1.2.3684-21 «Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению населения, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий».

³ ГОСТ Р 17527-2003 «Упаковка. Термины и определения».

⁴ ТР ТС 005/2011 «О безопасности упаковки».

⁵ ТР ЕАЭС 044/2017 «О безопасности упакованной питьевой воды, включая природную минеральную воду».

Отдельным объектом пристального внимания авторов исследований является миграция в питьевую воду фталатов [8, 17–22]. Они широко используются в качестве пластификатора при производстве бутылок из полиэтилентерефталата для увеличения мягкости, гибкости, прочности, долговечности и технологичности. В настоящее время в Российской Федерации, а также странах Евразийского экономического союза предельно допустимые уровни (ПДУ) фталатов не установлены техническими регламентами Таможенного союза. Имеются различные данные о влиянии на организм животных фталатов, свидетельствующие об их роли в развитии окислительного стресса у крыс, а также в возникновении злокачественных новообразований печени и поджелудочной железы. Многие исследователи обнаруживают прямую корреляционную связь между присутствием фталатов в организме и развитием репродуктивных нарушений [8, 23, 24].

Оценка риска для здоровья потребителей в результате воздействия фталатов, поступающих с упакованным в полимерную тару молоком, проведена в Перми. Для исследования были отобраны пробы молока, упакованного в полимерную тару (полиэтиленовая плёнка, ПЭТ-бутылка, полипропиленовая бутылка), в количестве 25 образцов. В ходе исследования подтверждено, что при употреблении молока детьми 4–6 лет в объёме 0,2 л/сут и более имеется риск для здоровья (НІ до 3,06). При употреблении молока детьми 7–17 лет риск для здоровья имеется у тех, кто употребляет молоко, упакованное в полиэтиленовую плёнку, в количестве 0,2–0,3 л/сут (НІ до 1,79). Кроме того, у детей этой возрастной группы, употребляющих молоко, разлитое в ПЭТ-бутылки, независимо от количества суточного потребления молока имеется риск для здоровья (НІ до 4,66). Исследования показали, что риск формируется при употреблении молока, упакованного в ПЭТ-бутылку, за счёт ди(2-этилгексил) фталата (ДЕНП) [25–27].

Доказано, что миграция фталатов из бутылок зависит от длительности и температуры хранения продукции. При продолжительном хранении концентрация фталатов в бутылкированной воде увеличивается. Это происходит и при хранении данной продукции на свету, и при воздействии температуры выше плюс 24 °С [20, 28]. Проведённые исследования показали, что миграция ДЕНП увеличивается многократно при повторном использовании бутылки. Авторы указывают на необходимость вводить правила, запрещающие повторное использование ПЭТ-бутылок [29].

Вся оборотная 19-литровая тара при повторном использовании должна проходить очистку и дезинфекцию для предотвращения развития в ней микрофлоры и устранения химического загрязнения [4, 17, 30, 31]. В зависимости от характера загрязнений и технологических условий на предприятии для мойки полимерных бутылок могут использоваться как щелочные, так и кислотные моющие средства. Такое агрессивное воздействие на пластик может разрушать полимер и провоцировать миграцию мономеров. Менее стабильными в этом случае оказались ПЭТ-бутылки, выделяющие в воду фталаты и алкилфенолы [32].

В качестве дезинфектанта в процессе очистки оборотной тары также используют перекись водорода. Несмотря на достаточно высокую эффективность этого способа обеззараживания, необходимо обратить внимание на образование озона, который является сильнейшим антисептиком и окислителем. Может происходить принудительное окисление обрабатываемой поверхности полимерного материала, в результате которого увеличивается миграционная способность и образуются соединения, ухудшающие санитарно-гигиенические характеристики упаковки (кетоны, альдегиды, в том числе формальдегид, и пр.).

Ещё одним фактором, воздействующим на оборотную тару, является повышенная температура. Моющие средства, согласно инструкции, растворяют в воде при температуре не ниже плюс 50–60 °С. Это достаточно высокая температура для ПЭТ-изделий, которая может приводить к деформации

упаковки, однако снижение температуры и концентрации антисептика не обеспечит, с одной стороны, требуемой бактерицидной эффективности, а с другой стороны, полного удаления перекиси.

Для достижения необходимой эффективности обработки поверхности бутылок должна быть гладкой и недеформированной. Группой исследователей совместно с Институтом микробиологии и иммунологии им. И.И. Мечникова АМН Украины был проведён микробиологический анализ воды при повторном использовании ПЭТ-бутылок и сделан вывод о том, что их внутренняя поверхность может быть источником загрязнения воды. Примитивные средства очистки, такие как сода, уксус или мыльный раствор, оказались неэффективными для ПЭТ-тары, температурная обработка приводила к усадке и миграции мономеров из пластика в воду [31, 33, 34]. Помимо проблем с эффективностью обеззараживания некоторые исследователи отмечают угрозу поступления микропластика в питьевую воду при механическом повреждении внутренней поверхности изделий из пластика и предполагают негативное влияние на здоровье человека вследствие многократного использования ПЭТ-тары и соответственно увеличения содержания микропластика в воде. Исследования, проведённые с использованием особого красителя Nile red, показали, что в питьевой воде лишь 17 из 259 протестированных бутылок не содержит пластик [27]. В работе [35] учёные показали значительное увеличение количества частиц микропластика на поверхности материала после многократного использования пластиковой тары. Среднее содержание микропластика составило 118 ± 88 частиц/л в многоразовых пластиковых бутылках и только 14 ± 14 частиц/л в одноразовых пластиковых бутылках [36].

Однако есть и обратная точка зрения, которую разделяют такие организации, как Международный институт наук о жизни, Педиатрические специализированные подразделения по охране здоровья окружающей среды, Plastics Europe, Европейская федерация бутылкированных вод и некоторые другие. Эта позиция заключается в том, что при использовании полимерной тары выделение в воду опасных химических веществ в концентрациях, способных нанести вред человеку, невозможно. Миграции мономеров из ПЭТ в воду практически не существует, количество таких веществ в воде не может превышать ПДК [32]. Показано, что фотохимическое старение бутылок не изменяет качества воды, хранящейся в бутылках, в отношении альдегидов, добавок или концентрации фталатов. Все эти вещества обнаруживаются в низких концентрациях — значительно ниже пределов для безопасной питьевой воды [25, 31, 37, 38]. Также существуют работы, которые подтверждают более высокую безопасность использования бывших в употреблении бутылок, нежели новых. Авторы объясняют это истощением запаса веществ, способных мигрировать из полимерных материалов, которое происходит со временем [3, 20, 39].

Заключение

В настоящее время сложно представить быт значительной части населения без использования полимерной тары, также невозможно отрицать и повсеместную популярность повторного её использования. Нормативные документы устанавливают обязательные требования к качеству питьевой воды, её упаковки, а также к условиям транспортировки, хранения и утилизации тары. Упаковка должна быть безопасна в части санитарно-гигиенических показателей, обладать механической, химической устойчивостью и герметичностью.

Однако проведённые нами информационно-аналитические исследования показали, что на данный момент отсутствуют нормативно-методические документы, регламентирующие возможность и условия повторного применения пластиковой тары (19-литровых бутылок), количество циклов её повторного применения, показатели, по

которым происходит оценка, и критерии, по которым уже использованная тара не может быть использована в дальнейшем.

Повторное и многократное использование полимерной тары для хранения воды в настоящее время недостаточно изучено, мало данных об износостойкости (истираемости) различных видов пластика и максимальном количестве циклов обработки моющими и дезинфицирующими средствами, которые он может выдержать без разрушения структуры. С учётом данных о деструктивных изменениях

полимеров под воздействием внешних факторов (температура, солнечный свет и т. п.), а также в процессе обработки полимерной тары моющими средствами необходимо предложить и научно обосновать документы, регламентирующие использование оборотной тары с учётом современных исследований. Необходимо также поиск безопасных, простых и эффективных способов и средств дезинфекции, не наносящих вреда структуре материала. Таким образом, вопрос о повторном использовании полимерной тары остаётся открытым для изучения.

Литература

(п.п. 1, 3–6, 8, 10–16, 18–25, 28–38 см. References)

2. Савостикова О.Н., Водянова М.А., Алексеева А.В., Мамонов Р.А. Комплекс мер, закрепленный законодательством Российской Федерации, направленный на обеспечение химической безопасности. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2019; (6): 91–5.
7. Шевелёва О.В. Слово в защиту ПЭТ-бутылки. *Твердые бытовые отходы*. 2014; (8): 58–60.
9. Магдич А. Бутылка многоразового использования из нержавеющей стали для транспортировки и хранения жидкостей. Патент РФ № 194974 У1; 2020.
17. Гомза М.М., Скрипченко А.Э. Экспертиза безопасности полимерной потребительской тары. В кн.: *Сборник материалов Международной научно-практической конференции «Междисциплинарная интеграция как двигатель научного прогресса»*. Новосибирск; 2020: 82–8.
26. Зеленкин С.Е., Шур П.З., Уланова Т.С., Карнажицкая Т.Д., Хорошавин В.А., Ухабов В.М. Оценка риска здоровью при поступлении фталатов с молоком, упакованным в полимерную и полимеросодержащую тару. *Анализ риска здоровью*. 2018; (1): 32–8.
27. Зеленкин С.Е., Суворов Д.В. Обоснование допустимой суточной дозы фталатов при поступлении с молоком как критерия экологической безопасности. В кн.: *Сборник Материалов XI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. «Анализ риска здоровью-2021. Внешнесредовые, социальные, медицинские и поведенческие аспекты. Совместно с международной встречей по окружающей среде и здоровью RISE – 2021»*. Пермь; 2021: 73–81.
39. ВОЗ нашёл в воде частицы микропластика. Доступно: <https://ecomaster.ru/news/voz-nashol-v-vode-chasticy-mikroplastika>
1. Progress report. International Bottled Water Association. Available at: https://issuu.com/ibwa/docs/ibwa_2019_progressreport_final
2. Savostikova O.N., Vodyanova M.A., Alekseeva A.V., Mamonov R.A. A set of measures, enshrined in the legislation of the Russian Federation, aimed at ensuring chemical safety. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy*. 2019; (6): 91–5. (in Russian)
3. Tukur A., Sharp L., Stern B., Tizaoui C., Benkreira H. PET bottle use patterns and antimony migration into bottled water and soft drinks: the case of British and Nigerian bottles. *J. Environ. Monit.* 2012; 14(4): 1237–47. <https://doi.org/10.1039/c2em10917d>
4. Bhunjun A. How many plastic bottles are wasted every day? Available at: <https://metro.co.uk/2018/02/06/how-many-plastic-bottles-are-wasted-everyday-7291184/>
5. Plastics Europe 2020 Plastics – the Facts 2019. An Analysis of European Plastics Production, Demand and Waste Data. Brussels, Belgium. Available at: https://www.plasticseurope.org/download_file/force/3183/181
5. Coniglio M.A., Fioriglio C., Laganà P. Non-Intentionally Added Substances in PET-Bottled Mineral Water. Springer International Publishing; 2020.
7. Sheveleva O.V. A word in defence of PET bottles. *Tverdye bytovye otkhody*. 2014; (8): 58–60. (in Russian)
8. Jeddi M.Z., Rastkari N., Ahmadkhaniha R., Yunesian M. Endocrine disruptor phthalates in bottled water: daily exposure and health risk assessment in pregnant and lactating women. *Environ. Monit. Assess.* 2016; 188(9): 534. <https://doi.org/10.1007/s10661-016-5502-1>
9. Magdich A. Reusable stainless steel bottle for transporting and storing liquids. Patent RF № 194974 У1; 2020. (in Russian)
10. Hamade R., Hadchiti R., Ammouri A. Making the environmental case for reusable PET bottles. *Procedia Manuf.* 2020; 43: 201–7. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.02.137>
11. Marcela Melo Cardozo I., Pereira Dos Anjos J., Oliveira Campos da Rocha F., de Andrade J.B. Exploratory analysis of the presence of 14 carbonyl compounds in bottled mineral water in polyethylene terephthalate (PET) containers. *Food Chem.* 2021; 365: 130475. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130475>
12. Filella M. Antimony and PET bottles: Checking facts. *Chemosphere*. 2020; 261: 127732. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127732>
13. Guart A., Bono-Blay F., Borrell A., Lacorte S. Migration of plasticizers phthalates, bisphenol A and alkylphenols from plastic containers and evaluation of risk. *Food Addit. Contam. Part A Chem. Anal. Control. Expo. Risk Assess.* 2011; 28(5): 676–85. <https://doi.org/10.1080/19440049.2011.555845>
14. Welle F., Franz R. Migration of antimony from PET bottles into beverages: determination of the activation energy of diffusion and migration modelling compared with literature data. *Food Addit. Contam. Part A Chem. Anal. Control. Expo. Risk Assess.* 2011; 28(1): 115–26. <https://doi.org/10.1080/19440049.2010.530296>
15. Chapa-Martínez C.A., Hinojosa-Reyes L., Hernández-Ramírez A., Ruiz-Ruiz E., Maya-Treviño L., Guzmán-Mar J.L. An evaluation of the migration of antimony from polyethylene terephthalate (PET) plastic used for bottled drinking water. *Sci. Total Environ.* 2016; 565: 511–8. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.04.184>
16. Allafi A.R. The effect of temperature and storage time on the migration of antimony from polyethylene terephthalate (PET) into commercial bottled water in Kuwait. *Acta Biomed.* 2020; 91(4): e2020105. <https://doi.org/10.23750/abm.v91i4.8463>
17. Gomza M.M., Skripchenko A.E. Expertise of polymeric consumer packaging safety. In: *Proceedings of the International Scientific-Practical Conference «Interdisciplinary Integration as a Driver of Scientific Progress» [Sbornik materialov Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Mezhdistsiplinarnaya integratsiya kak dvigatel' nauchnogo progressa»]*. Novosibirsk; 2020: 82–8. (in Russian)
18. Keresztes S., Tatár E., Czégény Z., Záray G., Mihucz V.G. Study on the leaching of phthalates from polyethylene terephthalate bottles into mineral water. *Sci. Total Environ.* 2013; 458–460: 451–8. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.04.056>
19. Zaki G., Shoeib T. Concentrations of several phthalates contaminants in Egyptian bottled water: Effects of storage conditions and estimate of human exposure. *Sci. Total Environ.* 2018; 618: 142–50. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.10.337>
20. Xu X., Zhou G., Lei K., LeBlanc G.A., An L. Phthalate esters and their potential risk in PET bottled water stored under common conditions. *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 2019; 17(1): 141. <https://doi.org/10.3390/ijerph17010141>
21. Becerra-Herrera M., Arismendi D., Molina-Balmaceda A., Usilar J., Manzo V., Richter P., et al. Initial phthalates fingerprint and hydrochemical signature as key factors controlling phthalates concentration trends in PET-bottled waters during long storage times. *Food Chem.* 2022; 372: 131248. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131248>
22. Fasano E., Bono-Blay F., Cirillo T., Montuori P., Lacorte S. Migration of phthalates, alkylphenols, bisphenol A and di (2-ethylhexyl) adipate from food packaging. *Food Control.* 2012; 27(1): 132–8. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.03.005>
23. Mukhopadhyay M., Jalal M., Vignesh G., Ziauddin M., Sampath S., Bharat G.K., et al. Migration of plasticizers from polyethylene terephthalate and low-density polyethylene casing into bottled water: a case study from India. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 2022. <https://doi.org/10.1007/s00128-022-03474-x>
24. Gonsioroski A., Mourikes V.E., Flaws J.A. Endocrine disruptors in water and their effects on the reproductive system. *Int. J. Mol. Sci.* 2020; 21(6): 1929. <https://doi.org/10.3390/ijms21061929>
25. Biscardi D., Monarca S., De Fusco R., Senatore F., Poli P., Buschini A., et al. Evaluation of the migration of mutagens/carcinogens from PET bottles into mineral water by Tradescantia/micronuclei test, Comet assay on leukocytes and GC/MS. *Sci. Total Environ.* 2003; 302(1–3): 101–8. [https://doi.org/10.1016/s0048-9697\(02\)00349-2](https://doi.org/10.1016/s0048-9697(02)00349-2)
26. Zelenkin S.E., Shur P.Z., Ulanova T.S., Karnazhitskaya T.D., Khoroshavin V.A., Ukhavov V.M. Health risk assessment of phthalates intake with milk packed in polymeric and polymer-containing containers. *Analiz riska zdorov'yu*. 2018; (1): 32–8. (in Russian)
27. Zelenkin S.E., Suvorov D.V. Substantiation of acceptable daily dose of phthalates at intake with milk as criterion of ecological safety. In: *Proceedings of XI All-Russian Scientific-Practical Conference with International Participation. «Health Risk Analysis-2021 External Environment, Social, Medical and Behavioral Aspects. Together with the International Meeting on Environment and Health RISE – 2021» [Sbornik Materialov XI Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem. «Analiz riska zdorov'yu-2021. Vneshnesredovye, sotsialnyye, meditsitsinskie i povedencheskie aspekty. Sovmestno s mezhdunarodnoy vstrechey po okruzhayushchey srede i zdorov'yu RISE – 2021»]*. Perm'; 2021: 73–81. (in Russian)

Review article

28. Chakraborty P., Shappell N.W., Mukhopadhyay M., Onanong S., Rex K.R., Snow D. Surveillance of plasticizers, bisphenol A, steroids and caffeine in surface water of River Ganga and Sundarban wetland along the Bay of Bengal: occurrence, sources, estrogenicity screening and ecotoxicological risk assessment. *Water Res.* 2021; 190: 116668. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.116668>
29. Kankanige D., Babel S. Smaller-sized micro-plastics (MPs) contamination in single-use PET-bottled water in Thailand. *Sci. Total Environ.* 2020; 717: 137232. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137232>
30. Tukur A. *Antimony and acetaldehyde migration from Nigerian and British PET bottles into water and soft drinks under typical use conditions. Concentration of migrants and some trace elements in polyethylene terephthalate and in bottled contents*: Diss. Bradford; 2012.
31. Manuilov A.M., Martynov A.V. The analysis of the threat of reusing pet bottles for the storage of drinking water. *Annals of Mechnikov's Institute.* 2017; (4): 26–32.
32. Jayaweera M., Perera H., Bandara N., Danushika G., Gunawardana B., Somaratne C., et al. Migration of phthalates from PET water bottle in events of repeated uses and associated risk assessment. *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.* 2020; 27(31): 39149–63. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-09925-4>
33. Water W. Bottled water myths: separating fact from fiction. *Practical Gastroenterology.* 2007.
34. Oliphant J.A., Ryan M.C., Chu A. Bacterial water quality in the personal water bottles of elementary students. *Can. J. Public Health.* 2002; 93(5): 366–7. <https://doi.org/10.1007/BF03404571>
35. Winkler A., Santo N., Ortenzi M.A., Bolzoni E., Bacchetta R., Tremolada P. Does mechanical stress cause microplastic release from plastic water bottles? *Water Res.* 2019; 166: 115082. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.115082>
36. Schymanski D., Goldbeck C., Humpf H.U., Furst P. Analysis of microplastics in water by micro-Raman spectroscopy: Release of plastic particles from different packaging into mineral water. *Water Res.* 2018; 129: 154–62. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.11.011>
37. Bach C., Dauchy X., Severin I., Munoz J.F., Etienne S., Chagnon M.C. Effect of sunlight exposure on the release of intentionally and/or non-intentionally added substances from polyethylene terephthalate (PET) bottles into water: chemical analysis and in vitro toxicity. *Food Chem.* 2014; 162: 63–71. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.04.020>
38. García-Gil Á., García-Muñoz R.A., McGuigan K.G., Marugán J. Solar water disinfection to produce safe drinking water: a review of parameters, enhancements, and modelling approaches to make SODIS faster and safer. *Molecules.* 2021; 26(11): 3431. <https://doi.org/10.3390/molecules26113431>
39. WHO found microplastic particles in the water. Available at: <https://ecomaster.ru/news/voz-nashyol-v-vode-chasticy-mikroplastika> (in Russian)