

Зарицкая Е.В.¹, Ганичев П.А.¹, Маркова О.Л.¹, Михеева А.Ю.², Еремин Г.Б.¹

Диэтилгексилфталат как актуальная проблема гигиенической безопасности упаковки и упакованной питьевой воды

¹ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 191036, Санкт-Петербург, Россия;

²ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии имени Д.И. Менделеева», 190005, Санкт-Петербург, Россия

Введение. На химическую безопасность упакованной питьевой воды влияет множество факторов, в том числе большую роль играет качество упаковочных материалов. Входящие в состав упаковки химические компоненты могут мигрировать в питьевую воду и оказывать негативное воздействие на здоровье человека. Наиболее распространёнными видами упаковки для питьевой воды являются бутылки из полиэтилентерефталата (ПЭТ, ПЭТФ) и поликарбоната (ПК). При производстве полимеров для смягчения и увеличения гибкости готового продукта в материал добавляют специальные вещества — пластификаторы, в том числе диалкиловые или алкилариловые эфиры ортофталевой кислоты (фталаты), среди которых наиболее широкое применение нашёл ди(2-этилгексил) фталат (ДЭГФ), обладающий токсическими свойствами.

Цель исследования — анализ различных образцов пластиковой тары, контактирующих с питьевой водой, на предмет наличия в полимерах ДЭГФ и изучение эмиссии ДЭГФ из полимерной упаковки в модельную среду.

Материалы и методы. Проведены исследования 11 образцов тары для питьевой воды отечественного производства, из них 9 образцов представлены бутылками различного объёма из ПЭТ и 2 образца тары объёмом 19 л — из ПК. Определяли содержание ДЭГФ в материале тары и уровень миграции ДЭГФ в водную модельную среду. Санитарно-гигиенические исследования проведены на базе химико-аналитического центра «Арбитраж» ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» с применением газовой хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием (ГХ-МС). В качестве стандартного образца для градуировки аналитического оборудования использован ГСО 11366-2019 состава раствора эфиров ортофталевой кислоты в метаноле, в качестве внутреннего стандарта выбран дейтерированный аналог аналита — ДЭГФ-D4.

Результаты. Во всех исследованных образцах материалов упаковки остаточное содержание ДЭГФ находилось в диапазоне 1,7–4,2 мг/кг полимера; определены уровни миграции в водные модельные среды ДЭГФ при температуре плюс 20 и плюс 40 °С в диапазоне 8,6–71 мкг/дм³.

Ограничения исследования. В рамках данной работы проведён анализ образцов бутылок шести отечественных производителей тары. Для исследования целевого компонента использовали модельную среду — дистиллированную воду, которая не имитирует минеральный состав питьевой воды и имеет определённые значения рН и удельной электропроводности. Исследования уровня миграции ДЭГФ проводили при температуре окружающей среды 20 и 40 °С и времени экспозиции 30 сут. Диапазон измерений ДЭГФ в полимерах и модельной среде в данном исследовании составлял 0,1–5 мкг на 1 пробу. Расширенная неопределённость результатов измерений содержания ДЭГФ во всём диапазоне измерений не превышала 20%.

Заключение. Одним из источников загрязнения упакованной питьевой воды ДЭГФ является тара из ПЭТ и ПК. Полученные результаты свидетельствуют о необходимости включения ДЭГФ в перечень контролируемых санитарно-гигиенических показателей безопасности технических регламентов ТР ЕАЭС 044/2017 и ТР ТС 005/2011 и рассмотрения вопроса об ограничениях его применения при производстве пищевой упаковки.

Ключевые слова: упакованная питьевая вода; упаковка; полиэтилентерефталат (ПЭТ, ПЭТФ); поликарбонат (ПК); безопасность; фталаты; ди(2-этилгексил) фталат (ДЭГФ); миграция; модельные среды; предельно допустимые концентрации

Соблюдение этических стандартов: исследование не требует представления заключения комитета по биомедицинской этике или иных документов.

Для цитирования: Зарицкая Е.В., Ганичев П.А., Маркова О.Л., Михеева А.Ю., Еремин Г.Б. Диэтилгексилфталат как актуальная проблема гигиенической безопасности упаковки и упакованной питьевой воды. *Гигиена и санитария*. 2022; 101(1): 30–34. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-1-30-34>

Для корреспонденции: Зарицкая Екатерина Викторовна, руководитель отдела лабораторных исследований ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, 191036, Санкт-Петербург. E-mail: zev-79@mail.ru

Участие авторов: Зарицкая Е.В. — концепция и дизайн исследования, анализ результатов измерения, написание текста; Михеева А.Ю. — выбор аналитических методов, написание текста; Ганичев П.А. — литературный обзор, сбор и обработка экспериментальных материалов; Маркова О.Л. — обработка экспериментальных материалов, статистическая обработка, написание текста; Еремин Г.Б. — редактирование. Все соавторы — утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

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

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Поступила: 04.08.2021 / Принята к печати: 25.11.2021 / Опубликована: 09.02.2022

Ekaterina V. Zaritskaya¹, Pavel A. Ganichev¹, Olga L. Markova¹, Alena Yu. Mikheeva², Gennady B. Yeremin¹

Diethylhexyl phthalate as a current problem of hygienic safety of packaging and packaged drinking water

¹North-West Public Health Research Center, Saint-Petersburg, 191036, Russian Federation;

²D.I. Mendeleev All-Russian Scientific Research Institute, Saint-Petersburg, 190005, Russian Federation

Introduction. The chemical safety of packaged drinking water is influenced by many factors, including the quality of packaging materials. The chemical components included in the packaging can migrate into drinking water and have a negative impact on human health. The most common types of packaging for drinking water are polyethylene terephthalate (PET, PET) and polycarbonate (PC) bottles. In the production of polymers, to soften and increase the flexibility of the finished product, special substances are added to the material — plasticisers, including dialkyl or alkyl aryl esters of orthophthalic acid (phthalates), among which di (2-Ethylhexyl) phthalate (DEHP), which has toxic properties.

The purpose of this study is to analyse various samples of plastic containers in contact with drinking water for the presence of DEHP in polymers and to study the emission of DEHP from polymer packaging into a model environment.

Materials and methods. Research has been carried out on 11 samples of containers for drinking water of domestic production, of which nine samples were represented by PET bottles of various sizes and two samples of containers from PC with a volume of 19.0 litres. There was determined the content of DEHP in the container material and the level of migration of DEHP into the aqueous model environment. Sanitary and hygienic studies were carried out based on the Chemical Analytical Center "Arbitrage" of the DI. Mendeleev All-Russian Scientific Research Institute using gas chromatography with mass spectrometric detection (GC-MS). GSO 11366-2019 for the composition of a solution of orthophthalic acid esters in methanol was used as a standard sample for the calibration characteristics; a deuterated analogue of the analyte, DEHP-D4, was chosen as an internal standard.

Results. In all studied samples of packaging materials, the residual content of DEHP was in the range of 1.7–4.2 mg/kg of polymer; the levels of DEHP migration into aquatic model media were determined at $T = 20^{\circ}\text{C}$ and $T = 40^{\circ}\text{C}$ in the range of (8.6–71.0) $\mu\text{g}/\text{dm}^3$.

Conclusion. One of the sources of contamination of packaged drinking water with DEHP is PET and PC containers. The results obtained indicate the need to include DEHP in the list of monitored sanitary and hygienic safety indicators in the technical regulations of the EAEU TR 044/2017 and TR CU 005/2011 and to consider the issue of restrictions on its use in the production of food packaging.

Limitations of the study. As part of this work, samples of bottles from six domestic container manufacturers were analysed. To study the migration of the target component, a model medium was used – distilled water, which does not imitate the mineral composition of drinking water and has certain pH and electrical conductivity values. Studies of the level of DEHP migration were carried out at an ambient temperature of 20°C and 40°C and an exposure time of 30 days. The measurement range of DEHP in polymers and the model medium in this study was (0.1–5) $\mu\text{g}/\text{sample}$. The expanded uncertainty of the results of measurements of the DEHP content in the entire measurement range did not exceed 20%.

Keywords: packaged drinking water; packaging; polyethylene terephthalate (PET, PET); polycarbonate (PC); security; phthalates; di (2-ethylhexyl) phthalate (DEHP); migration; model environments; maximum permissible concentrations

Compliance with ethical standards. The submission of the conclusion of the Biomedical ethics committee or other documents is not required.

For citation: Zaritskaya E.V., Ganichev P.A., Markova O.L., Mikheeva A.Yu., Yeremin G.B. Diethylhexyl phthalate as a current problem of hygienic safety of packaging and packaged drinking water. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian Journal)*. 2022; 101(1): 30–34. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-1-30-34> (In Russian)

For correspondence: Ekaterina V. Zaritskaya, MD, Head of the Laboratory Studies Department, North-West Public Health Research Center, Saint-Petersburg, 191036, Russian Federation. E-mail: zev-79@mail.ru

Information about the authors:

Zaritskaya E.V., <https://orcid.org/0000-0003-2481-1724> Ganichev P.A., <https://orcid.org/0000-0003-0954-8083> Yeremin G.B., <https://orcid.org/0000-0002-1629-5435>
Markova O.L., <https://orcid.org/0000-0002-4727-7950> Mikheeva A.Yu., <https://orcid.org/0000-0003-1032-5653>

Contribution: Zaritskaya E.V. – concept and design of the study, analysis of measurement results, writing the text; Mikheeva A.Yu. – choice of analytical methods, writing the text; Ganichev P.A. – literature review, collection and processing of experimental materials; Markova O.L. – processing of experimental materials, statistical processing, writing the text; Yeremin G.B. – editing. All co-authors – approval of the final version of the article, responsibility for the integrity of all parts of the article.

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

Acknowledgement. The study had no sponsorship.

Received: August 4, 2021 / Accepted: November 25, 2021 / Published: February 09, 2022

Введение

Упакованная питьевая вода является оптимальной формой обеспечения населения питьевой водой. По данным социологических опросов, более 10% населения России, в основном люди молодого возраста и жители крупных городов, употребляют исключительно бутилированную воду. Особый контингент потребителей упакованной питьевой воды – дети. Маленьким детям большинство родителей предпочитают покупать бутилированную воду, которую дают с рождения. Во многих детских дошкольных и образовательных учреждениях питьевой режим организован в форме воды, расфасованной в ёмкости [1]. Непосредственно на безопасность упакованной питьевой воды влияет качество полимерных упаковочных материалов, поэтому для сохранения здоровья населения актуальной задачей является изучение качества и безопасности тары, используемой для упаковывания (расфасовывания в ёмкости) питьевой воды [2, 3].

Наиболее распространённым видом упаковки для питьевой воды является тара из полимерных материалов – бутылки из полиэтилентерефталата (ПЭТ) и поликарбоната (ПК). В качестве пластификаторов в данных полимерных материалах используются диалкил-, алкиларил-эфиры ортобензолдикарбоновой кислоты (фталевой кислоты) – фталаты [4]. Добавка пластификатора при проведении синтеза полимеров увеличивает гибкость и пластичность упаковки. К наиболее часто используемым фталатам относится бис(2-этилгексил) фталат (ди-2-этилгексилфталат, диэтилгексилфталат, ДЭГФ (DEHP)). Установлено, что ДЭГФ представляет собой токсичное вещество, обладающее кумулятивными, мутагенными, тератогенными, канцерогенными свойствами, особенно негативно воздействует на эндокринную и репродуктивную системы [5–10].

Требования к безопасности упакованной питьевой воды установлены Техническим регламентом Евразийского экономического союза «О безопасности упакованной

питьевой воды, включая природную минеральную воду» (ТР ЕАЭС 044/2017)¹. Обязательные для применения и исполнения единые требования к упаковке регламентированы Техническим регламентом Таможенного союза «О безопасности упаковки» (ТР ТС 005/2011)². В обозначенных технических регламентах в части санитарно-гигиенических показателей отсутствуют ПДК³ и ДКМ⁴ для ДЭГФ в воде и модельных средах. Однако до вступления в действие технических регламентов Единые санитарные требования⁵ и СанПиН 2.1.4.1116–02⁶ регламентировали допустимое содержание ДЭГФ. В зависимости от категории питьевой воды ПДК ДЭГФ были установлены на уровне 6 мкг/дм³ для первой категории и 0,1 мкг/дм³ для высшей категории. Рекомендацией Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) предельный уровень содержания ДЭГФ в питьевой воде равен 8 мкг/дм³⁷.

Данные зарубежных публикаций, посвящённых изучению воздействия ДЭГФ на здоровье человека и оценке его миграции из полимерной пищевой и непивевой упаковки, введение запрета на законодательном уровне в странах ЕС на применение ДЭГФ при производстве упаковки различного

¹ ТР ЕАЭС 044/2017 Технический регламент Евразийского экономического союза «О безопасности упакованной питьевой воды, включая природную минеральную воду».

² ТР ТС 005/2011 Технический регламент Таможенного союза «О безопасности упаковки» (с изменениями на 18 октября 2016 г.).

³ ПДК – предельно допустимая концентрация загрязняющего вещества в питьевой воде (мг/л, мг/дм³).

⁴ ДКМ – допустимые количества миграции химических веществ (мг/л, мг/дм³).

⁵ Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к продукции (товарам), подлежащей санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю) (с изменениями на 8 декабря 2020 г.).

⁶ СанПиН 2.1.4.1116-02 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды, расфасованной в ёмкости. Контроль качества.

⁷ Руководство по обеспечению качества питьевой воды: 4-е изд. [Guidelines for drinking-water quality – 4th ed.]. Женева: Всемирная организация здравоохранения; 2017 г. Лицензия: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

Миграция ДЭГФ в водную модельную среду из полимерных материалов (ПЭТ и ПК) при температуре раствора плюс 20 и плюс 40 °С, мкг/дм³

Migration of DEHP into an aqueous model medium from a PET polymer materials and polycarbonate at a temperature of 20 °C and 40 °C, µg/dm³

Полимерный материал Polymeric material	Температура водной среды, °C / Temperature of the water environment, °C							
	+20				+40			
	Min	Max	Me (Q ₂₅ –Q ₇₅)	Me (Q ₂₅ –Q ₅₀)	Min	Max	Me (Q ₂₅ –Q ₇₅)	Me (Q ₂₅ –Q ₅₀)
Полиэтилентерефталат PET	8.55	71.0	14.5 (13.0–18.0)	–	13.0	54.5	19.0 (13.0–24.5)	–
Поликарбонат Polycarbonate	31.5	43.5	–	37.5. (31.5–37.5)	34.5	58	–	46.3 (34.5–46.3)

назначения убедительно доказывают гигиеническую значимость данной проблемы, которая в настоящее время не решена в России и других странах Таможенного союза [11–14].

Цель исследования – изучение содержания ДЭГФ в составе материала полимерной упаковки и оценка эмиссии ДЭГФ в модельные среды из упаковки, предназначенной для питьевой воды.

Материалы и методы

Выполнены исследования 11 образцов полимерной прозрачной тары для питьевой воды, произведённой различными российскими компаниями, из них 2 образца представлены бутылками из ПК объёмом 19 л, остальные – бутылками из ПЭТ различных объёмов: 0,6; 6; 19 л. Все образцы тары приобретены в торговой розничной сети г. Санкт-Петербурга, 9 образцов представляли собой готовую к применению новую тару, 2 образца – упакованную питьевую воду. Исследуемые образцы бутылей не имели видимых дефектов, включений и представлялись однородными по составу.

Процедура выполнения измерений разработана в соответствии с Техническим регламентом Таможенного союза ТР ТС 005/2011 «О безопасности упаковки» и «Инструкцией по санитарно-химическому исследованию изделий, изготовленных из полимерных и других синтетических материалов, предназначенных для контакта с пищевыми продуктами».

Для данного исследования был выбран инструментальный метод – масс-спектрометрия с изотопным разбавлением в комбинации с газовой хроматографией (ГХ-МС/ИР), который на данный момент является лучшим аналитическим инструментом, позволяющим получить наиболее точные и достоверные результаты измерений.

В ходе исследований определяли массовую долю ДЭГФ (аналит) в материале тары, а также измеряли массовую концентрацию ДЭГФ в модельной среде в условиях эксперимента, оценивая таким образом уровень миграции аналита.

При выполнении исследований использовали специально подготовленную стеклянную лабораторную посуду. Посуду готовили (прокаливание при температуре плюс 400 °С не менее 4 ч) непосредственно перед процедурой измерений, чтобы минимизировать присутствие ДЭГФ в холостой пробе.

Для измерений содержания ДЭГФ в упаковочной таре от каждого образца отделяли небольшие фрагменты, измельчали их с помощью предварительно очищенной наждачной бумаги, гомогенизировали механическим перемешиванием и отбирали три навески по 0,15 г (пробы). Пробы помещали в стеклянную ёмкость, вносили внутренний стандарт (дейтерированный ДЭГФ-D4) и добавляли экстрагент (метанол). Аналит извлекали из матрицы методом экстракции в ультразвуковом поле (объём экстрагента – 20 см³, время экстракции – 30 мин). От полученного экстракта отбирали аликвоту (около 1 см³), которую пропускали через шприцевой фильтр (материал фильтра – ПТФЭ, размер пор – не более 0,22 мкм) для удаления дисперсных частиц матрицы.

Для определения уровня миграции ДЭГФ в модельную среду принят следующий дизайн эксперимента: модельная

среда – дистиллированная вода (рН 7,0 по индикаторной бумаге), размер образца – 4 × 5 см (открытая площадь – 40 см², количество образцов – 2 шт., объём модельной среды – 40 см³ (на 2 см² образца 1 см³ модельного раствора), время экспозиции – 30 суток, температура экспозиции – плюс 20 и плюс 40 °С.

После завершения экспозиции в модельную среду внесли внутренний стандарт (дейтерированный ДЭГФ-D4), отделяли воду от полимерного образца декантированием, выполняли жидкостно-жидкостную экстракцию в гексан (объём экстрагента – 5 см³) и отбирали от гексанового экстракта аликвоту для инструментального анализа.

Аликвоты экстрактов (тары и модельной среды) анализировали методом газовой хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием (ГХ-МС) в режиме регистрации выбранных ионов. ДЭГФ идентифицировали по абсолютному времени удерживания, установленному при градуировке и подтверждаемому по ДЭГФ-D4 при каждом измерении. Количественное определение ДЭГФ выполняли методом внутреннего стандарта (изотопного разбавления) по рамочной градуировочной характеристике. Измеренное в пробе количество аналита относилось к массе навески (мкг/г) или объёму модельной среды (мкг/см³).

Статистическая обработка полученных данных проведена с использованием программы Microsoft Excel 2010, при обобщении количественных величин, полученных в ходе исследования, использовали методы описательной статистики. В связи с тем, что распределение концентраций загрязняющих веществ статистически значимо отличалось от нормального, для описания выборок результатов лабораторных исследований рассчитали медианы и квартили [Me (Q₂₅–Q₇₅)], различия считали значимыми при 95%-м пороге вероятности ($p < 0,05$).

Результаты

ДЭГФ обнаружен во всех образцах полимерной упаковки. Нижняя граница диапазона измерений ДЭГФ в материале тары – 0,57 мкг/кг. Полученные результаты измерений находились в диапазоне 1,7–4,2 мкг/кг полимера (среднее значение – 2,3 мкг/кг, медиана – 2,4 мкг/кг). Самый высокий уровень ДЭГФ (4,2 мкг/г) обнаружен в материале бутылей из поликарбоната. Содержание ДЭГФ в остальных образцах находилось в более низком диапазоне – 1,7–3,4 мкг/кг. В образцах тары, заполненных водой в условиях производства и хранившихся при комнатной температуре несколько месяцев, массовая доля ДЭГФ составила 2,4–2,5 мкг/кг, что в целом не отличается от результатов исследования неиспользованных (новых) образцов бутылей.

Миграция ДЭГФ в водные модельные среды отмечена из всех исследованных образцов. Нижняя граница диапазона измерений ДЭГФ в водной вытяжке – 0,004 мкг/дм³. Результаты измерений ДЭГФ в модельных средах из полимерных материалов ПЭТ и ПК представлены в таблице.

Обобщая полученные данные, можно констатировать, что результаты проведённой статистической обработки

показали отсутствие существенных различий в миграции ДЭГФ в модельные среды из двух видов упаковки — ПЭТ и ПК — в течение 30 дней в двух температурных режимах.

В рамках исследования определено, что скорость миграции (высвобождение ДЭГФ на 1 см² площади поверхности в сутки) находится в диапазоне 0,1–1,2 нг/см²/сутки при температуре модельного раствора плюс 20 °С и в диапазоне 0,2–0,9 нг/см²/сутки при температуре плюс 40 °С для 7 образцов ПЭТ. Расчёты скорости миграции ДЭГФ из материала ПК для двух образцов показали, что значения находятся в интервале 0,5–0,7 и 0,6–1 нг/см²/сутки соответственно при температурах модельных растворов плюс 20 и плюс 40 °С.

Обсуждение

Результаты проведённого исследования показали, что упаковка, выполненная из ПЭТ и ПК, представляет собой источник химического загрязнения бутилированной воды, в основе которого лежат процессы миграции органических компонентов из полимерного материала. Содержание ДЭГФ в модельных растворах представлено диапазоном 8,6–71 мкг/дм³, что в 1,1–8,8 раза выше рекомендуемого ВОЗ предельного уровня содержания ДЭГФ в питьевой воде (8 мкг/дм³) и в 1,4–11,8 раза выше допустимого уровня ДЭГФ в бутилированной воде (6 мкг/дм³), установленного ранее Едиными санитарными требованиями в России и регламентированного Управлением по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов США (US FDA).

Таким образом, на основании проведённого анализа образцов бутылей можно констатировать широкое применение ДЭГФ при изготовлении тары для питьевой воды отечественными производителями. Учитывая, что в качестве модельной среды была использована дистиллированная вода — инертная среда, очищенная от минеральных солей, органических веществ и имеющая нейтральные значения рН, можно предположить, что уровень миграции ДЭГФ из

упаковки в более агрессивные среды (минеральные воды, соки, газированные напитки и т.д.) будет выше. Кроме того, вполне вероятен рост миграции ДЭГФ в модельные среды при повышении температуры и более длительном времени контакта (например, при увеличении сроков хранения продукции). Выбранный в данной работе инструментальный метод — ГХ-МС/ИР позволил определить содержание ДЭГФ в материале бутылей и модельной среде с высокой точностью и может быть рекомендован для решения аналогичных аналитических задач в дальнейших исследованиях.

Полученные экспериментальные данные о миграции ДЭГФ в питьевую воду хорошо согласуются с результатами зарубежных исследований [15–20].

Содержание ДЭГФ в упакованной питьевой воде и упаковке не регламентируется требованиями ТР ЕАЭС 044/2017 «О безопасности упакованной питьевой воды, включая природную минеральную воду» и ТР ТС 005/2011 «О безопасности упаковки». Наряду с этим в соответствии с действующим законодательством Европейского союза ДЭГФ не допускается использовать в качестве мономера и исходного вещества для производства материалов и изделий, предназначенных для контакта с продуктами питания, его использование допускается лишь в ограниченной количественно добавке (пластификаторе).

Заключение

Полученные результаты свидетельствуют о необходимости включения ДЭГФ в перечень контролируемых санитарно-гигиенических показателей безопасности упакованной питьевой воды и упаковки в технические регламенты ТР ЕАЭС 044/2017 и ТР ТС 005/2011, а также установления ограничений по использованию ДЭГФ при производстве упаковки и упаковочных материалов, контактирующих с пищевыми продуктами и напитками, что позволит обеспечить безопасность конечного материала.

ЛИТЕРАТУРА

(п.п. 3, 5, 7–10, 13, 14, 16–20 см. References)

1. Горбанев С.А., Фридман К.Б., Выучейская Д.С., Еремин Г.Б., Зарицкая Е.В., Сладкова Ю.Н. и др. Гигиенические аспекты производства и реализации бутилированной питьевой воды в России. Краткий обзор. *Здоровье — основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения*. 2019; (3): 1013–21.
2. Русаков П.В. *Производство полимеров*. М.: Высшая школа; 1988.
4. Холова А.Р., Вождаева М.Ю., Кантор Л.И., Труханова Н.В., Мельницкий И.А., Кантор Е.А. Определение эфиров фталевой кислоты в питьевой и природной воде методом газовой хроматографии с масс-селективным детектированием. *Вода: химия и экология*. 2012; (5): 85–91.
6. Ганичев П.А., Маркова О.Л., Еремин Г.Б., Мясников И.О. Влияние фталатов на здоровье населения. Краткий литературный обзор. *Здоровье — основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения*. 2020; (1): 233–9.
11. Михеева А.Ю., Зарицкая Е.В., Якубова И.Ш., Аликубаева Л.А., Дейнега А.В. Минеральные масла как актуальная проблема гигиенической безопасности картонной упаковки. *Гигиена и санитария*. 2020; 99(6): 526–30. <https://doi.org/10.33029/0016-9900-2020-99-6-526-530>
12. Федоров В.Н., Зарицкая Е.В., Новикова Ю.А., Сладкова Ю.Н., Метелица Н.Д. Обоснование выбора методик исследований питьевой воды для целей и задач санитарно-эпидемиологических экспертиз и оценки риска здоровью населения. *Здоровье населения и среда обитания*. 2020; (10): 15–21. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2020-331-10-15-21>
15. Маркова О.Л., Ганичев П.А., Еремин Г.Б., Зарицкая Е.В. Миграция фталатов из упаковочных материалов для бутилированной воды. Результаты международных исследований. *Здоровье — основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения*. 2020; (1): 416–27.

REFERENCES

1. Gorbanev S.A., Fridman K.B., Vyucheykaya D.S., Eremin G.B., Zaritskaya E.V., Sladkova Yu.N., et al. Hygienic aspects of production and implementation of bottled drinking water in Russia. Short review. *Zdorove — osnova chelovecheskogo potentsiala: problemy i puti ikh resheniya*. 2019; (3): 1013–21. (in Russian)
2. Rusakov P.V. *Production of Polymers [Proizvodstvo polimerov]*. Moscow: Vysshaya shkola; 1988. (in Russian)
3. Xu Y., Liu Z., Park J., Clausen P.A., Benning J.L., Little J.C. Measuring and predicting the emission rate of phthalate plasticizer from vinyl flooring in a specially-designed chamber. *Environ. Sci. Technol.* 2012; 46(22): 12534–41. <https://doi.org/10.1021/es302319m>
4. Kholova A.R., Vozhdaeva M.Yu., Kantor L.I., Trukhanova N.V., Melnikiy I.A., Kantor E.A. Gas chromatography with mass selective detection for of phthalic acid esters determination in drinking and natural water. *Voda: khimiya i ekologiya*. 2012; (5): 85–91. (in Russian)
5. Wormuth M., Scheringer M., Vollenweider M., Hungerbühler K. What are the sources of exposure to eight frequently used phthalic acid esters in Europeans? *Risk Anal.* 2006; 26(3): 803–24. <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.2006.00770.x>
6. Ganiev P.A., Markova O.L., Eremin G.B., Myasnikov I.O. Effect of phthalates on population health. Brief literary review. *Zdorove — osnova chelovecheskogo potentsiala: problemy i puti ikh resheniya*. 2020; (1): 233–9. (in Russian)
7. Luo Q., Liu Z.H., Yin H., Dang Z., Wu P.X., Zhu N.W., et al. Migration and potential risk of trace phthalates in bottled water: A global situation. *Water Res.* 2018; 147: 362–72. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.10.002>
8. Merski J.A., Johnson W.D., Muzzio M., Lyang N.L., Gaworski C.L. Oral toxicity and bacterial mutagenicity studies with a spunbond polyethylene and polyethylene terephthalate polymer fabric. *Int. J. Toxicol.* 2008; 27(5): 387–95. <https://doi.org/10.1080/10915810802408729>

9. 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>
10. Chen X., Xu S., Tan T., Lee S.T., Cheng S.H., Lee F.W., et al. Toxicity and estrogenic endocrine disrupting activity of phthalates and their mixtures. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2014; 11(3): 3156–68. <https://doi.org/10.3390/ijerph110303156>
11. Mikheeva A.Yu., Zaritskaya E.V., Yakubova I.Sh., Alikbaeva L.A., Deynega A.V. Mineral oils as the pressing problem of hygienic safety of a cardboard packing. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2020; 99(6): 526–30. <https://doi.org/10.33029/0016-9900-2020-99-6-526-530> (in Russian)
12. Fedorov V.N., Zaritskaya E.V., Novikova Yu.A., Sladkova Yu.N., Metelitsa N.D. Substantiation of drinking water quality testing methods of choice for the goals and objectives of sanitary and epidemiologic expert examination and health risk assessment. *Zdorove naseleniya i sreda obitaniya*. 2020; (10): 15–21. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2020-331-10-15-21> (in Russian)
13. Kim K.N., Lee M.R., Choi Y.H., Lee B.E., Hong Y.C. Association between phthalate exposure and lower lung function in an urban elderly population: A repeated-measures longitudinal study. *Environ. Int.* 2018; 113: 177–83. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.02.004>
14. Buckley J.P., Quirós-Alcalá L., Teitelbaum S.L., Calafat A.M., Wolff M.S., Engel S.M. Associations of prenatal environmental phenol and phthalate biomarkers with respiratory and allergic diseases among children aged 6 and 7 years. *Environ. Int.* 2018; 115: 79–88. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.03.016>
15. Markova O.L., Ganichev P.A., Eremin G.B., Zaritskaya E.V. Phthalate migration from packing materials for bottled water. Findings of international studies. *Zdorove – osnova chelovecheskogo potentsiala: problemy i puti ikh resheniya*. 2020; (1): 416–27. (in Russian)
16. 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>
17. 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.
18. Cirillo T., Fasano E., Esposito F., Del Prete E., Cocchieri R.A. Study on the influence of temperature, storage time and packaging type on di-n-butylphthalate and di(2-ethylhexyl)phthalate release into packed meals. *Food Addit. Contam. Part A Chem. Anal. Control. Expo. Risk Assess.* 2013; 30(2): 403–11. <https://doi.org/10.1080/19440049.2012.745198>
19. Santana J., Giraudi C., Marengo E., Robotti E., Pires S., Nunes I., et al. Preliminary toxicological assessment of phthalate esters from drinking water consumed in Portugal. *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.* 2014; 21(2): 1380–90. <https://doi.org/10.1007/s11356-013-2020-3>
20. Jeedi M.Z., Rastkari N., Ahmadvaniha 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>