

Шилов В.В.<sup>1,2</sup>, Хурцилава О.Г.<sup>2</sup>, Маркова О.Л.<sup>1</sup>, Исаев Д.С.<sup>1</sup>, Михеева А.Ю.<sup>3</sup>.

## Токсиколого-гигиеническая оценка содержания фталатов в бутилированной питьевой воде

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

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 191015, Санкт-Петербург, Российская Федерация;

<sup>3</sup>ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии имени Д.И. Менделеева», 190005, Санкт-Петербург, Российская Федерация

**Введение.** Одним из распространенных материалов, содержащих примеси фталатов, является упаковка из полимерных материалов (бутыли). Для упакованной (бутилированной) питьевой воды используют бутылки из полиэтилентерефталата (ПЭТФ). Токсикологические свойства фталатов, рост потребления бутилированной воды и неопределенность в отношении влияния условий хранения на миграцию фталатов в воду инициирует проведение работ по токсиколого-гигиенической оценке содержания фталатов в полимерной упаковке для бутилированной питьевой воды.

**Цель работы** – выполнить токсиколого-гигиеническую оценку содержания ди(2-этилгексил)-фталата (ДЭГФ), ди-*n*-бутилфталата (ДнБФ) и диизобутилфталата (ДиБФ) в питьевой воде, упакованной в полимерный материал.

**Материал и методы.** Объекты исследования – образцы бутылей, изготовленные в Российской Федерации. Экстракты (тары и модельной среды) проанализированы методом газовой хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием. Рассчитаны величины суточного потребления фталатов с бутилированной водой для взрослого и детского населения.

**Результаты.** В результате исследований полимерных материалов установлено, что образцы бутылей содержат остаточные количества фталатов в диапазоне – ДЭГФ 1,7–4,2 мг/кг; ДнБФ < 2,4–31,3 мг/кг; ДиБФ 2,2–10,2 мг/кг. Миграция фталатов в водные модельные среды отмечена из всех исследованных образцов. В образцах, контактирующих с материалом ПЭТФ, на 30-е сутки при температуре 20 °С отмечается наличие 2 фталатов ДЭГФ: 8,6–71,0 мкг/л и ДиБФ < 2,6 до 19,2 мкг/л. Сравнение концентраций фталатов в модельных средах со значениями допустимого суточного потребления показало, что бутилированная вода обеспечивает ограниченный вклад в общую суточную экспозицию фталатов.

**Заключение.** Упаковка, выполненная из ПЭТФ, представляет собой источник химического загрязнения бутилированной питьевой воды, в основе которого лежат процессы миграции органических компонентов из полимерных материалов. При этом особое внимание следует обратить на способность к миграции ди(2-этилгексил) фталата, которая может приводить к превышению гигиенических нормативов для питьевой воды.

**Ключевые слова:** упакованная питьевая вода; бутилированная вода; полиэтилентерефталат (ПЭТФ); безопасность; фталаты; ди(2-этилгексил)-фталат (ДЭГФ); ди-*n*-бутилфталат (ДнБФ); диизобутилфталат (ДиБФ); миграция

**Соблюдение этических стандартов.** Исследование не требует представления заключения комитета по биомедицинской этике или иных документов.

**Для цитирования:** Шилов В.В., Хурцилава О.Г., Маркова О.Л., Исаев Д.С., Михеева А.Ю. Токсиколого-гигиеническая оценка содержания фталатов в бутилированной питьевой воде. *Токсикологический вестник*. 2023; 31(3): 178–184. <https://doi.org/10.47470/0869-7922-2023-31-3-178-184>

**Для корреспонденции:** Шилов Виктор Васильевич, доктор медицинский наук, профессор, главный специалист ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, 191036, Санкт-Петербург, Россия; заведующий кафедрой токсикологии, экстремальной и водолазной медицины ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» МЗ РФ, 191015, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: vshilov@inbox.ru

**Участие авторов:** Шилов В.В. – концепция и дизайн исследования, написание текста, редактирование; Хурцилава О.Г. – написание текста, редактирование; Маркова О.Л. – концепция и дизайн исследования, сбор и обработка материала, написание текста; Исаев Д.С. – статистический анализ, редактирование; Михеева А.Ю. – сбор и обработка материала. Все соавторы – утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов.

**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки.

Поступила в редакцию: 24 марта 2023 / Принята в печать: 26 мая 2023 / Опубликовано: 30 июня 2023

Shilov V.V.<sup>1,2</sup>, Khurtsilava O.G.<sup>2</sup>, Markova O.L.<sup>1</sup>, Isaev D.S.<sup>1</sup>, Mikheyeva A.Yu.<sup>3</sup>

## Toxicological and hygienic assessment of phthalate content in bottled drinking water

<sup>1</sup>North-West Public Health Research Center, St.-Petersburg, 191036, Russian Federation;

<sup>2</sup>North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, St.-Petersburg, 191015, Russian Federation;

<sup>3</sup>The D.I. Mendeleev All-Russian Institute for Metrology (VNIIM), St.-Petersburg, 190005, Russian Federation

**Introduction.** One of the most common materials containing phthalate impurities is packaging made of polymer materials (bottles). Bottles made of the following material are used for packaged (bottled) drinking water – polyethylene terephthalate (PET). The toxicological properties of phthalates, the increase in consumption of bottled water and uncertainty about the effect of storage conditions on the migration of phthalates into water initiates research on the toxicological and hygienic assessment of the content of phthalates in polymer packaging for bottled drinking water. The purpose of study was the toxicological and hygienic assessment of the content of di(2-ethylhexyl)-phthalate (DEHP); di-n-butyl phthalate (DnBP); diisobutyl phthalate (DiBP) in drinking water packed in polymer material.

**Materials and methods.** The objects of the study were bottles samples made in the Russian Federation. The obtained extracts (containers and model medium) were analyzed by gas chromatography with mass spectrometric detection. The values of daily consumption of phthalates with bottled water for adults and children were calculated, safety coefficients were determined taking into account the maximum concentrations obtained in the experiment.

**Results.** As a result of polymer materials studies, it was found that bottle samples contain residual amounts of phthalates – DEHP 1.7–4.2 mg/kg; DnBP <2.4–31.3 mg/kg; DiBP 2.2–10.2 mg/kg. Migration of phthalates into aqueous model media was noted from all the samples studied. In the samples of model solutions in contact with PET material, on the 30th day at a temperature of 20 °C, the presence of 2 phthalates: DEHP 8.6–71.0 µ/L and DiBF <2.6 to 19.2 µ/L. Comparison of phthalate concentrations in model media with the values of permissible daily consumption showed that bottled water provides a limited contribution to the total daily exposure of phthalates.

**Conclusion.** The study results showed that the packaging made of PET is a source of chemical contamination of bottled water, which is based on the processes of migration of organic components from polymer materials. At the same time, special attention should be paid to the ability to migrate di(2-ethylhexyl)-phthalate, which can lead to excess of hygienic standards for drinking water.

**Keywords:** packaged (bottled) drinking water; polyethylene terephthalate (PET); safety; phthalates; di(2-ethylhexyl)-phthalate (DEHP); di-n-butyl phthalate (DnBP); diisobutyl phthalate (DiBP); migration

**Compliance with ethical standards.** This study does not require the conclusion of a biomedical ethics committee or other documents.

**For citation:** Shilov V.V., Khurtsilava O.G., Markova O.L., Isaev D.S., Mikheyeva A.Yu. Toxicological and hygienic assessment of phthalate content in bottled drinking water. *Toksikologicheskii vestnik (Toxicological Review)*. 2023; 31(3): 178-184. <https://doi.org/10.47470/0869-7922-2023-31-3-178-187> (In Russian)

**For correspondence:** Victor V. Shilov, Doctor of Medical Science, professor, chief specialist of North-West Public Health Research Center, St.-Petersburg, 191036, Russian Federation; North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, St.-Petersburg, 191015, Russian Federation. E-mail: vshilov@inbox.ru

**Information about the authors:**

Shilov V.V., <https://orcid.org/0000-0003-3256-2609> Scopus Author ID: 7102157390  
Khurtsilava O.G., <https://orcid.org/0000-0002-7199-671X> Scopus Author ID: 36140121700  
Markova O.L., <https://orcid.org/0000-0002-4727-7950> Scopus Author ID: 7006402722 Researcher ID AAG-1797-2020  
Isaev D.S., <https://orcid.org/0000-0002-9165-1399> Scopus Author ID: 57946035200  
Mikheeva A.Yu., <https://orcid.org/0000-0003-1032-5653>

**Contribution of the authors:** *Shilov V.V.* – the concept and design of the study, editing; *Khurtsilava O.G.* – writing a text, editing; *Markova O.L.* – the concept and design of the study, collection and processing of material, writing a text; *Isaev D.S.* – statistical analysis, editing; *Mikheyeva A.Yu.* – collection and processing of material. *All co-authors* – are approval of the final version of the article, responsibility for the integrity of all parts of the article.

**Conflict of interest.** Authors declare no conflict of interest.

**Funding.** The study had no sponsorship.

Received: March 24, 2023 / Accepted: May 26, 2023 / Published: June 30, 2023

## Введение

Фталаты (диалкил- или алкиларил-эфиры фталевой кислоты) – группа химических соединений, широко используемых при производстве огромного количества потребительских товаров: полиэтиленовой плёнки, предметов и средств личной гигиены, медицинских устройств, строительных материалов, упаковки для пищевых продуктов [1–3].

Данный факт вызывает озабоченность гражданского общества вопросами безопасности воздействия фталатов, поскольку эти соединения могут иметь множество негативных побочных эффектов для здоровья, включая нарушения нервного развития, сердечно-сосудистой и репродуктивной систем [4].

Фталаты способны аккумулироваться в жировых тканях живых организмов и накапливаться по пищевым цепям. Обладают кумулятивными, мутагенными, тератогенными, канцерогенными свойствами, особенно негативно воздействуют на эндокринную и репродуктивную системы организма [5, 6]. Ди (2-этилгексил) фталат, ди-*n*-бутилфталат, ди-изо-бутилфталат, бензилбутилфталат внесены в перечень особо опасных веществ (SVHC, Substances of Very High Concern) регламента европейских стран по регистрации, оценке, авторизации, а также ограничению производства и применения химических веществ (REACH) из-за их репротоксичных и эндокринных разрушающих свойств. Данное ограничение учитывает кумулятивные эффекты и совместное воздействие четырех фталатов [7, 8].

Поступление фталатов в организм человека осуществляется пероральным и ингаляционным путем: при употреблении пищевых продуктов и питьевой воды; при использовании потребительских товаров; при вдыхании воздуха, содержащего пары и аэрозоли фталатов [9, 10].

Одним из распространённых материалов, содержащих примеси фталатов, является упаковка

для бутилированной питьевой воды, выполненная из полимеров (бутыли). Для питьевой воды используются бутылки из полимерного материала – полиэтилентерефталата (ПЭТФ).

ПЭТФ относятся к группе сложных линейных алифатически-ароматических полиэфиров и представляют собой продукт поликонденсации терефталевой кислоты или диметилтерефталата с этиленгликолем (гомополимер) или терефталевой кислоты или диметилтерефталата с этиленгликолем и диэтиленгликолем (сополимер) [11, 12].

В состав ПЭТФ в качестве пластификатора входят добавки ди(2-этилгексил) фталата [ДЭГФ]; ди-*n*-бутилфталата [ДнБФ]; диизобутилфталата [ДиБФ].

В объёме полимера фталаты, как правило, не образуют прочных связей и легко выделяются из готовых изделий. Способность к миграции из полимеров в окружающую среду – особенность фталатов, послужившая причиной для включения их в список приоритетных органических загрязнителей. При остром воздействии фталаты малотоксичны, но в условиях длительного поступления они могут стимулировать возникновение хронических болезней. Содержание фталатов в организме увеличивает риск возникновения сосудистых и раковых заболеваний, оказывает негативное воздействие на репродуктивную систему [13–16].

По результатам Всероссийского центра изучения общественного мнения (ВЦИОМ), выполненного в 2016–2019 гг., 16% потребителей в Российской Федерации пьют бутилированную воду. Чаще всего это люди в возрасте от 18 до 24 лет (32%), жители городов-миллионников (25%) и столиц (22%) [17, 18]. Данный факт заставляет обратить внимание на безопасность полимерного материала и бутилированной питьевой воды.

Токсикологические свойства фталатов и присутствие данных соединений в бутылках из

ПЭТФ, рост потребления бутилированной воды и неопределенность в отношении влияния условий хранения на миграцию фталатов в воду инициирует проведение исследовательских работ по определению их наличия в бутилированной воде и сопутствующей оценке рисков для здоровья населения.

При обобщении результатов мировых исследований, установлено, что более чем в трех сотнях марок бутилированной воды из 21 страны частота обнаружения пяти целевых фталатов находится в следующем порядке: дибутилфталат 67,6%; ди-(2-(этилгексил) фталат 61,7%; диэтилфталат 47,1%; бензилбутилфталат 36,9% и диметилфталат 30,1% [19,20].

Средние уровни фталатов в бутилированной воде из Пакистана были признаны самыми высокими, при этом диэтилфталат (DEP) и диметилфталат (DMP) заняли 1-е место среди всех стран со средними уровнями 22,4 и 50,2 мкг/л, а бензилбутилфталат (BBP) и дибутилфталат (DBP) заняли 2-е и 3-е место со средними уровнями 7,5 и 17,8 мкг/л соответственно [21].

Среди стран, изучающих концентрацию ДЭГФ в бутилированной воде, в первую пятерку вошли Таиланд, Хорватия, Чешская Республика, Саудовская Аравия и Китай, со средним уровнем, ранжированным по концентрациям (в порядке от высокого к низкому) соответственно 61,1; 8,8; 6,3; 6,2 и 6,1 мкг/л.

Таким образом, как показывает международный опыт, полимерный материал, из которого выполнена упаковка для питьевой воды, может представлять собой потенциальный источник химического загрязнения, возможно, связанного с миграцией химических компонентов в упакованные продукты.

*Цель работы* – провести токсиколого-гигиеническую оценку содержания ди(2-этилгексил) фталата [ДЭГФ]; ди-*n*-бутилфталата [ДнБФ]; диизобутилфталата [ДиБФ] в питьевой воде, упакованной в полимерный материал.

## Материал и методы

Процедура выполнения измерений была разработана в соответствии с требованиями технического регламента таможенного союза ТР ТС 005/2011<sup>1</sup>. В качестве объектов исследования были выбраны 7 образцов бутылей из прозрачного полиэтилентерефталата (ПЭТФ), изготовленные в Российской Федерации. Образцы были

отобраны на производстве и представляли собой новую тару, готовую к заполнению.

Для измерений содержания фталатов в полимерных материалах от каждого образца полимера отрезали фрагменты, которые затем измельчали и гомогенизировали механическим перемешиванием. От усреднённой таким образом пробы отбирали три навески по 0,15 г. Навески помещали в стеклянные ёмкости, вносили внутренние стандарты (D<sub>4</sub> – меченые аналоги аналитов) и добавляли экстрагент – 20 см<sup>3</sup> метанола. Аналиты извлекали из матрицы методом экстракции в ультразвуковом поле [22, 23].

Для определения уровня миграции фталатов в модельную среду был принят следующий дизайн эксперимента: модельная среда – дистиллированная вода (рН 7,0), размер образца – 4 × 5 см (открытая площадь – 40 см<sup>2</sup>, количество образцов – 2 шт., объём модельной среды – 40 см<sup>3</sup> (на 2 см<sup>2</sup> образца 1 см<sup>3</sup> модельного раствора), время экспозиции – 30 сут, температура экспозиции – 20 °С. Перед началом экспозиции в модельную среду вносили внутренние стандарты (D<sub>4</sub> – меченые аналоги аналитов), по окончании экспозиции фталаты из модельной среды извлекали методом жидкостно-жидкостной экстракции в гексан (5 см<sup>3</sup>). Полученные экстракты (тары и модельной среды) анализировали методом газовой хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием (ГХ-МС) [24]. Статистическую обработку данных выполняли с использованием программы Microsoft Excel 2010.

Поскольку распределение концентраций определяемых веществ статистически значимо отличалось от нормального, то для описания выборок результатов рассчитали медианы и межквартильный диапазон (25–75 процентиля).

*Методы расчёта.* Суточное потребление человеком фталатов с бутилированной водой рассчитывали следующим образом:

$$I = C \cdot V / W \quad (1)$$

где *I* – суточное потребление человеком фталатов (мкг/ кг массы тела в сутки); *C* – концентрация фталатов в бутилированной воде (мкг/л); *V* – ежедневное потребление бутилированной воды (л/сут); *W* – масса тела (м.т.) человека (кг).

Потребление бутилированной воды взрослыми и детьми установлено на уровне 2 и 1 л в день соответственно, при массе тела 70 кг для взрослых и 20 кг для детей<sup>2</sup> [25].

<sup>1</sup> ТР ТС 005/2011 Технический регламент Таможенного союза «О безопасности упаковки» (с изменениями на 18 октября 2016 г.).

<sup>2</sup> Р 2.1.10.1920–04 Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. М: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России. 2004; 143.

**Содержание фталатов в упаковочном материале ПЭТФ и модельной среде (дистиллированная вода)**  
**Phthalate content in packaging material (PET) and model medium (distilled water)**

Показатель	Объект исследования, концентрация	Min	Max	Me	Q <sub>25</sub> –Q <sub>75</sub>
ДЭГФ CAS 117-81-7	Упаковка, мг/кг	1,7	2,8	2,4	2,2–2,5
	Вода, мкг/л	8,6	71,0	14,5	13,0–18,8
ДнБФ CAS 84-74-2	Упаковка, мг/кг	< 2,4	31,3	1,2	3,5–10,2
	Вода, мкг/л	< 2,6	< 2,6	< 2,6	–
ДиБФ CAS 84-69-5	Упаковка, мг/кг	3,5	10,2	5,6	3,4–6,4
	Вода, мкг/л	< 2,6	19,2	9,3	5,6–11,0

Коэффициент безопасности (*SF*) рассчитывался следующим образом:

$$SF = RfD / I \quad (2)$$

где *RfD* – референтная доза для конкретного фталата (мкг/кг массы тела в сутки), представленная в Руководстве Р 2.1.10.1920-04.

Значение коэффициента ниже единицы указывает на несоответствие требованиям безопасности.

## Результаты

В результате проведенных исследований полимерных материалов было установлено, что все представленные образцы бутылей содержат остаточные количества фталатов. Полученные результаты измерений фталатов находились в диапазоне – ДЭГФ 1,7–2,8 мг/кг; ДнБФ < 2,4–31,3 мг/кг; ДиБФ 3,5–10,2 мг/кг. Полученные результаты представлены в табл. 1, максимальные концентрации при испытании материала ПЭТФ наблюдались для ДнБФ – 31,3 мг/кг; ДиБФ – 10,2 мг/кг. Полученные в экспериментальных условиях концентрации фталатов (медианы) в таре ПЭТФ были распределены в порядке от высокого к низкому: ДиБФ > ДЭГФ > ДнБФ.

Миграция фталатов в водные модельные среды отмечена из всех исследованных образцов. Согласно полученным результатам, в образцах модельных растворов, контактирующих с материалом ПЭТФ, на 30-е сутки при температуре 20 °С отмечается наличие двух фталатов ДЭГФ в диапазоне 8,6–71,0 мкг/л и ДиБФ от < 2,6 до 19,2 мкг/л. Максимальные концентрации отмечены в модельных растворах при испытании ПЭТФ зеленого цвета. ДнБФ не обнаружен.

## Обсуждение

На основании проведенных нами лабораторных исследований были рассчитаны величины суточного потребления фталатов с бутилированной водой для взрослого и детского населения, определены коэффициенты безопасности с учётом максимальных концентраций полученных в эксперименте. В Европейских регламентах представлены значения допустимого суточного потребления фталатов и референтные дозы для двух исследуемых веществ из трёх – ДЭГФ и ДнБФ, однако содержание последнего было ниже 2,6 мкг/л. Результаты представлены в табл. 2.

Как показано в табл. 2, рассчитанные максимальные суточные дозы ДЭГФ составили

Таблица 2 / Table 2

**Расчётная экспозиция ДЭГФ при употреблении человеком бутилированной питьевой воды**  
**Estimated human exposure of DEHP when consuming bottled drinking water**

Параметр	ДЭГФ / ДЕНП
Максимальная концентрация, мкг/л	71,0
Медиана, мкг/л	14,5
Суточная доза для взрослых, мкг/кг/сут	0,4–2,0
Суточная доза для детей, мкг/кг/сут	0,7–3,6
Рекомендованный уровень, мкг/л	6,0
Допустимое суточное потребление (TDI), мкг/кг в сутки	50,0
Референтная доза ( <i>RfD</i> ), мкг/кг/сут	20,0
Коэффициент безопасности для взрослых, у.е.	10
Коэффициент безопасности для детей, у.е.	5,6

**Соответствие содержания фталатов в модельной среде,  
установленным гигиеническим нормативам****Compliance of phthalate content in the model environment with established hygienic standards**

Показатель	Результаты исследований (водные вытяжки), мг/л	Величина ПДК, мг/л (СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».)	ПУ, мг/л (Рекомендуемый ВОЗ предельный уровень содержания ДЭГФ в питьевой воде.)
ДЭГФ CAS 117-81-7	0,0086–0,071	0,008	0,008
ДнБФ CAS 84-74-2	< 0,0026	0,2	–
ДиБФ CAS 84-69-5	0,0035–0,010	–	–

2,0 мкг/кг м.т./сут для взрослых и 3,6 мкг/кг м.т./сут для детей. С учётом рекомендуемых значений референтных доз, рассчитанные значения коэффициентов безопасности фталата при максимально обнаруженных концентрациях в модельной среде были намного выше единицы. Это свидетельствует о том, что концентрации фталатов, определенные в воде при контакте с полимерным материалом не представляют серьезной угрозы для здоровья населения. Полученные данные хорошо согласуются с исследованиями, проведенными другими авторами, показывающими, что бутилированная вода обеспечивает ограниченный вклад в общую суточную экспозицию фталатами [26, 27]. Несмотря на полученные результаты, нельзя не обращать внимания на тот факт, что эти химические вещества могут вызывать эндокринные нарушения, особенно для потенциально уязвимых групп населения, таких как младенцы и беременные женщины [28].

В Российской Федерации в соответствии с СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» установлены ПДК ди-*n*-бутилфталата и ди (2-этилгексил) фталата в питьевой воде: 0,2 и 0,008 мг/л соответственно. Следует отметить, что рекомендуемый ВОЗ предельный уровень содержания ДЭГФ в питьевой воде также составляет 0,008 мг/л. При сопоставлении с гигиеническими

нормативами результатов лабораторных исследований содержания ди(2-этилгексил) фталата в модельных средах (водных вытяжках) отмечается превышение установленных допустимых уровней в 1,1–8,9 раз. Результаты исследований представлены в табл. 3.

Результаты работы показывают необходимость мониторинга ДЭГФ, ДнБФ, ДиБФ в бутилированной питьевой воде.

**Выводы**

Результаты проведенного исследования показали, что упаковка, выполненная из ПЭТФ, представляет собой источник химического загрязнения бутилированной питьевой воды, в основе которого лежат процессы миграции органических компонентов из полимерных материалов.

При этом особое внимание следует обратить на способность к миграции ди(2-этилгексил) фталата, которая может приводить к несоответствию качества упакованной питьевой воды гигиеническим нормативам и нарушению её безопасности.

Результаты работы свидетельствуют о целесообразности включения дополнительных методов исследования в систему контрольно-надзорных мероприятий для определения соответствия безопасности упакованной питьевой воды санитарному законодательству.

**ЛИТЕРАТУРА**

(пп. 1–3, 5–10, 14–16, 19, 20 см. в References)

- 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*. СПб: 2020; 1 (15): 233–9.
- Яшкпрова М.Г. *Полимерные комплексы: получение, свойства, применение*. Семипалатинск: 2003.
- ГОСТ Р 32686–2014. *Бутылки из полиэтилентерефталата для пищевых жидкостей. Общие технические условия*. М.: Стандартинформ Публ.
- Майстренко В.Н., Ключев Н.А. *Эколого-аналитический мониторинг стойких органических загрязнителей*. М.: БИНОМ; 2004.
- Павлов И. Н., Ревякина Е.С., Елесина В.В. Маркетинговые исследования рынка бутилированной питьевой воды. *Техника и технология пищевых производств*. 2019; 49(3): 478–85. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-3-487-494>
- Анализ рынка минеральных и питьевых вод в России в 2014–2018 гг., прогноз на 2019–2023 гг. Отчёт BusinesStat: 2019.
- 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*. СПб: 2020; 15(1): 416–27.

22. Крылов А.И., Будко А.Г., Михеева А.Ю., Ткаченко И.Ю. Метрологическое обеспечение измерений содержания фталатов: стандартный образец состава раствора шести приоритетных фталатов в метаноле. *Эталон. Стандартные образцы*. 2021; 17(3): 5–19. <https://doi.org/10.20915/2687-0886-2021-17-3-5-19>
23. Крылов А.И., Будко А.Г., Михеева А.Ю., Нежиховский Г.Р., Ткаченко И.Ю. Референтная методика измерений содержания фталатов в полимерных матрицах: аналитические и метрологические подходы. *Измерительная техника*. 2022; 10: 64–72. <https://doi.org/10.32446/0368-1025it.2022-10-64-72>
24. Зарицкая Е.В., Еремин Г.Б., Маркова О.Л., Ганичев П.А., Мясников И.О. База данных. Результаты лабораторных исследований содержания ди(2-этилгексил)фталата, ди(н-бутил)фталата, ди(изобутил)фталата и бисфенола А в таре из полиэтилентерефталата и поликарбоната и их миграции в модельные среды при различных условиях хранения бутылированной воды. Свидетельство о регистрации базы данных 2020622808, 24.12.2020. Заявка № 2020622554 от 08.12.2020.

## REFERENCES

1. Bommarito P.A., Martin E., Fry R.C. Effects of prenatal exposure to endocrine disruptors and toxic metals on the fetal epigenome. *Epigenomics*. 2017 Mar; 9(3): 333–50.
2. Shinohara N., Mizukoshi A., Uchiyama M., Tanaka H. Emission characteristics of diethylhexyl phthalate (DEHP) from building materials determined using a passive flux sampler and micro-chamber. *PLOS ONE*. 2019, 14(9): 222–557. <https://doi.org/10.1371/journal.pone>
3. Biomarkers and risk assessment: concepts and principles. IPCS. Environmental health criteria 155. Geneva: WHO, 1993.
4. Ganichev P.A., Markova O.L., Yerin G.B., Myasnikov I.O. He effect of phthalates on public health. A brief literary review. *Zdorov'ye – osnova chelovecheskogo potentsiala: problemy i puti ikh resheniya*. SPb, 2020; 1(15): 233–9 (in Russian)
5. Luo Q., Liu Z.-H., Yin H., et al. Migration and potential risk of trace phthalates in bottled water: A global situation. *Water research*. 2018; 147: 362–72. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.10.002>
6. 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. *International journal of toxicology*. 2008; 27(5): 387–95. <https://doi.org/10.1080/10915810802408729>
7. 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. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2020; 17(1): 141. <https://doi.org/10.3390/ijerph17010141>
8. Chen X., Xu S., Tan T., Lee S.T., Cheng S.H., Lee F.W.F., Xu S.J.L., Ho K.C. Toxicity and Estrogenic Endocrine Disrupting Activity of Phthalates and Their Mixtures. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2014; 11: 3156–68. <https://doi.org/10.3390/ijerph110303156>
9. <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp.asp?id=603&tid=112>
10. Koch H.M., Drexler H., Angerer J. An estimation of the daily intake of di(2-ethylhexyl) phthalate (DEHP) and other phthalates in the general population. *Int J Hyg Environ Health*. 2003 Mar; 206(2): 77–83. <https://doi.org/10.1078/1438-4639-00205>
11. Yashkprova M.G. *Polymer complexes: preparation, properties, application [Polimernye komplekсы: polucheniye, svoystva, primeneniye]*. Semipalatinsk: 2003. (in Russian)
12. State Standard R 32686–2014. Polyethylene terephthalate bottles for food liquids. General technical conditions. Moscow: Standartinform. (in Russian)
13. Maystrenko V.N., Klyuyev N.A. *Ecological and analytical monitoring of persistent organic pollutants [Ekologiko-analiticheskij monitoring stojkix organicheskix zagryaznitelej]*. Moscow: BINOM, 2004. (in Russian)
14. Shinohara N., Mizukoshi A., Uchiyama M., Tanaka H. Emission characteristics of diethylhexyl phthalate (DEHP) from building materials determined using a passive flux sampler and micro-chamber. *PLoS ONE*. 2019; 14(9): 222–557. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0222557>
15. Xu Y., Liu X., 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>
16. 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>
17. Pavlov I.N., Revyakina E.S., Yelesina V.V. Marketing research of the bottled drinking water market. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv*. 2019; 49(3): 478–85. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-3-487-494> (in Russian)
18. *Analysis of the mineral and drinking water market in Russia in 2014–2018, forecast for 2019–2023 [Analiz rynka mineral'nykh i pit'evykh vod v Rossii v 2014–2018 gg., prognoz na 2019–2023 gg.]*. The Businessstat report. 2019: 141. (in Russian)
19. Zaki G., Shoeib T. Concentrations of several phthalates contaminants in Egyptian bottled water: Effects of storage conditions and estimate of human exposure. *Science of the Total Environment*. 2018; 618: 142–50.
20. Luo Q., Liu Z.-H., Yin H., Dang Z., Wu P.-X., Zhu N.-W., Lin Z., Liu Y. Migration and potential risk of trace phthalates in bottled water: A global situation. *Water Research*. December 2018; 15(147): 362–72. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.10.002>
21. Markova O.L., Ganichev P.A., Yerin G.B., Zaritskaya E.V. Migration of phthalates from packaging materials for bottled water. Results of international research. *Zdorov'ye – osnova chelovecheskogo potentsiala: problemy i puti ikh resheniya*. SPb: 2020; 15(1): 416–27. (in Russian)
22. Krylov A.I., Budko A.G., Mikheeva A.Y., Tkachenko I.YU. Metrological support of phthalate content measurements: reference material for the composition of a solution of six priority phthalates in methanol. *Measurement Standards. Reference Materials*. 2021; 17(3): 5–19. <https://doi.org/10.20915/2687-0886-2021-17-3-5-19> (in Russian)
23. Krylov A.I., Budko A.G., Mikheeva A.Y., Nezhikhovskiy G.R., Tkachenko I.Y. Reference method for measuring the content of phthalates in polymer matrices: analytical and metrological approaches. *Izmeritel'naya Tekhnika*. 2022; 10: 64–72. <https://doi.org/10.32446/0368-1025it.2022-10-64-72> (In Russian)
24. Zaritskaya E.V., Yerin G.B., Markova O.L., Ganichev P.A., Myasnikov I.O. Database. Results of laboratory studies of the content of di(2-ethylhexyl)phthalate, di(n-butyl)phthalate, di(isobutyl)phthalate and bisphenol A in containers made of polyethylene terephthalate and polycarbonate and their migration to model environments under different storage conditions of bottled water. Certificate of registration of the database 2020622808, 24.12.2020. Zayavka № 2020622554 от 08.12.2020 (in Russian)
25. Huang R.-P., Liu Z.-H., Yuan S.-F., Yin H. Worldwide human daily intakes of bisphenol A (BPA) estimated from global urinary concentration data (2000–2016) and its risk analysis. *Environ. Pollut*. 2017; 230: 143–52.
26. 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.
27. Jeddi M.Z., Rastkari N., Ahmadvani 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: 534.
28. Iman Al-Saleh, Neptune Shinwari, Ammar Alsabbaheen. Phthalates residues in plastic bottled waters. *The Journal of Toxicological Sciences*. 2011; 36(4): 469–78. <https://doi.org/10.2131/jts.36.469>

## ОБ АВТОРАХ:

**Шилов Виктор Васильевич (Shilov Victor Vasil'evich)** – доктор медицинских наук, профессор, главный специалист ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, 191036, Санкт-Петербург, Россия; заведующий кафедрой токсикологии, экстремальной и водолазной медицины ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» МЗ РФ, 191015, Санкт-Петербург, Российская Федерация. E-mail: vshilov@inbox.ru

**Хурцилава Отари Гивиевич (Otari Givievich Khurtsilava)** – доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры общественного здоровья, экономики и управления здравоохранением, президент ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» МЗ РФ, 191015, Санкт-Петербург, Российская Федерация. E-mail: rectorat@szgmu.ru

**Маркова Ольга Леонидовна (Markova Olga Leonidovna)** – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела анализа рисков здоровью населения ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, 191036, Санкт-Петербург, Российская Федерация. E-mail: olleontmar@mail.ru

**Исаев Даниил Сергеевич (Isaev Daniil Sergeevich)** – исполняющий обязанности заведующего отделением гигиены питьевого водоснабжения, младший научный сотрудник ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, 191036, Санкт-Петербург, Российская Федерация. E-mail: d.isaev@s-znc.ru

**Михеева Алена Юрьевна (Mikheeva Alena Yuryevna)** – кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д.И. Менделеева», 190005, Санкт-Петербург, Российская Федерация. E-mail: a.mikheeva@vniim.ru