

Читать
онлайн
Read
online

Алексеева А.В., Савостикова О.Н.

Гигиеническая оценка полиуретановых покрытий в практике питьевого водоснабжения

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью» Федерального медико-биологического агентства, 119121, Москва, Россия

Введение. В течение многих лет двухкомпонентные полиуретановые покрытия используются для защиты и реконструкции труб в практике хозяйственно-питьевого водоснабжения. Однако полиуретан может являться источником поступления загрязняющих веществ в питьевую воду. Особое внимание при гигиенической оценке обращают на основные компоненты пластика, выделяющиеся растворители и плёнкообразующие вещества, используемые в рецептуре материала. Определение лишь основных компонентов, указанных в «Единых санитарно-эпидемиологических и гигиенических требованиях к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю)*» (далее — Единые требования), не даёт полной информации о химической стабильности полимерных материалов при проведении гигиенической оценки.

Материалы и методы. В работе исследованы восемь предлагаемых различными фирмами и странами-изготовителями двухкомпонентных полиуретановых покрытий, предназначенных для использования в питьевом водоснабжении. Оценка образцов выполнена с учётом Единых требований, также исследованы показатели, не являющиеся обязательными для оценки полимерных материалов, используемых в питьевом водоснабжении.

Результаты. Гигиеническая оценка двухкомпонентных полиуретановых покрытий показала, что даже из материалов, относящихся к одной группе полимеров, состоящих из однотипных ингредиентов, в модельную среду мигрируют принципиально различные химические вещества. При анализе водных вытяжек идентифицировано при разных температурах от 9 до 40 органических соединений. Для большинства из них не установлены предельно допустимые уровни содержания в питьевой воде и отсутствуют полноценно проведённые токсикологические исследования для оценки безопасности этих химических веществ. Также обнаружено три образца, из которых в дистиллированную воду происходила миграция неорганических компонентов кадмия и никеля в концентрациях, превышающих предельно допустимые значения.

Ограничения исследования. Исследование проведено на полиуретановых покрытиях, которые являются одним из возможных вариантов использования полимерных материалов в питьевом водоснабжении. Необходимо провести аналогичные исследования по другим группам полимеров.

Заключение. В настоящее время при оценке миграции химических веществ из полимерных покрытий в питьевую воду существуют определённые противоречия, касающиеся методологии и подходов, поэтому доработка и стандартизация являются актуальными на данный момент с учётом постоянно расширяющегося использования полимерных материалов в различных сферах деятельности человека.

Ключевые слова: водоснабжение; материалы для питьевого водоснабжения; полиуретаны

Соблюдение этических стандартов. Исследование не требует заключения комитета по биомедицинской этике.

Для цитирования: Алексеева А.В., Савостикова О.Н. Гигиеническая оценка полиуретановых покрытий в практике питьевого водоснабжения. *Гигиена и санитария*. 2022; 101(5): 487–492. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-5-487-492>

Для корреспонденции: Алексеева Анна Вендиктовна, канд. мед. наук, начальник отд. гигиены ФГБУ «ЦСП» ФМБА России, 119121, Москва, Россия. 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; Савостикова О.Н. — концепция и дизайн исследования, написание текста, сбор материала и обработка данных, редактирование, 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. Исследования проводились в рамках государственного задания по теме «Совершенствование государственной системы контроля и обеспечения химической безопасности окружающей среды для здоровья населения с учётом процессов трансформации веществ» в ФГБУ «ЦСП» ФМБА России.

Поступила: 14.03.2022 / Принята к печати: 12.04.2022 / Опубликована: 31.05.2022

* Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к продукции (товарам), подлежащей санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю). Утверждены Решением Комиссии Таможенного союза от 28 мая 2010 г. № 299.

Anna V. Alekseeva, Olga N. Savostikova

Hygienic assessment of polyurethane coatings in the practice of drinking water supply

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

Introduction. For many years, two-component polyurethane coatings have been used as suitable systems for the protection and reconstruction of pipes in the practice of domestic drinking water supply. However, polyurethane can be a source of pollutants entering drinking water. Special attention in the hygienic assessment is paid to the main components of plastic, the released solvents and film-forming agents used in the formulation of the material. However, the definition of only priority components (taking into account Uniform sanitary requirements) does not provide complete information about the chemical stability of polymer materials during the hygienic assessment.

Materials and methods. Eight different two-component polyurethane coatings of various manufacturers and manufacturers offered for use in drinking water supply are investigated in the work. The evaluation of these samples was carried out taking into account Uniform requirements (2010). Indicators that are not mandatory for the evaluation of polymer materials used in drinking water supply were also investigated.

Results. Conducting a hygienic assessment of two-component polyurethane coatings shows fundamentally different chemicals to migrate into the model environment even from materials with the same type of components. When analyzing water extracts, from 9 to 40 organic compounds were identified at different temperatures. Most of them do not have the maximum permissible levels of their content in drinking water and there are no fully conducted toxicological studies of these chemicals to assess their safety for humans. There also were found three samples, from which inorganic components of cadmium and nickel migrated into distilled water above their maximum permissible values.

Limitations. This study was conducted on the example of polyurethane coatings, as a particular example of the use of polymer materials in drinking water supply. It is necessary to conduct similar studies on other groups of polymers.

Conclusion. At the moment, there are certain contradictions in the methodology and approaches to assessing the migration of chemicals from polymer coatings to drinking water. Therefore, their refinement and standardization is relevant, taking into account the increasing share of the use of polymer materials in human life.

Keywords: water supply; materials for drinking water supply; polyurethanes

Compliance with ethical standards. The study does not require the conclusion of the Biomedical Ethics Committee.

For citation: Alekseeva A.V., Savostikova O.N. Hygienic assessment of polyurethane coatings in the practice of drinking water supply. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2022; 101(5): 487-492. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-5-487-492> (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@cspmrz.ru

Information about the authors:

Alekseeva A.V., <https://orcid.org/0000-0002-0422-8382> Savostikova O.N., <https://orcid.org/0000-0002-7032-1366>

Contribution: Alekseeva A.V. – the concept and design of the study, writing the text, collecting material and processing data, editing. Savostikova O.N. – concept and design of the study, writing the text, collecting material and processing data, 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: March 13, 2022 / Accepted: April 12, 2022 / Published: May 31, 2022

Введение

Полимерные материалы, используемые в практике хозяйственно-питьевого водоснабжения, характеризуются большим разнообразием способов изготовления, исходного сырья, рецептуры и различных модификаторов. При производстве полимерных труб применяются практически все известные методы переработки полимеров, подавляющее большинство известных полимерных материалов и композиций – от резиновых смесей до стеклопластиков [1, 2]. В течение многих лет двухкомпонентные полиуретановые покрытия используются в качестве подходящих систем для защиты и реконструкции водопроводных труб [3–6]. Этот класс изделий охватывает полиолы в сочетании с полиизоцианатами и/или преполимерами.

Полиуретан – это полимерный материал, обладающий высокой коррозионной, химической стойкостью и долговечностью, он устойчив к воздействию углеводородных растворителей и не подвержен старению. Полиуретан может использоваться в большом температурном диапазоне – от минус 60 до плюс 80 °С; существуют и образцы, способные не утрачивать своих качеств при плюс 140 °С. У полиуретана небольшая удельная масса, позволяющая уменьшить вес конечных изделий, что имеет неоспоримые преимущества при ремонте и эксплуатации водопроводных сетей, и на его поверхности не происходит значительного биообрастания. Этот материал водонепроницаем при комнатной температуре. Полиуретану можно придать разный коэффициент трения и в зависимости от потребностей создать либо скользкую поверхность, либо хорошее сцепление. Причиной длительного срока эксплуатации полиуретановых покрытий является способность уретановой группы (HNCOO) образовывать очень прочные межмолекулярные водородные связи [7].

Уретаны получают в основном с помощью реакции нуклеофильного присоединения изоцианатсодержащих соединений с подвижным атомом водорода и различных олигомеров. Их процентный состав, а также наличие добавок определяют физические свойства конечного продукта. К олигомерам относятся олигоэфирные, эпоксидные, акриловые и алкидные пленкообразователи, каждый из которых придаёт покрытиям определённые защитные свойства, обуславливая конкретную область их применения. Для увеличения эффективности полиизоцианатов как отвердителей применяют катализаторы отверждения, например, соли олова [8].

Эпоксиуретановые покрытия обладают высокой твёрдостью и устойчивостью к истиранию, химической стойкостью, после длительной эксплуатации в условиях открытой атмосферы они сохраняют прочность. Акриловые гидроксилсодержащие олигомеры формируют покрытия с высокой

скоростью высыхания и эластичностью. Покрытия на основе алкидно-уретановых смол из-за наличия в макромолекуле длинноцепочечных жирнокислотных радикалов обладают повышенной адгезионной прочностью. Таким образом, правильный выбор гидроксилсодержащих олигомеров является едва ли не определяющим при разработке уретановых изделий. Перечисленные свойства определяют широкое применение материалов данного типа в различных сферах деятельности человека. Большинство полиуретановых покрытий для труб – это ароматические полиизоцианаты на основе дифенилметандиизоцианата (МДИ) и оксида пропилена [7].

Металлические трубы с полиуретановым покрытием обладают свойствами пластиковых труб – не корродируют, не подвержены биообрастанию, но при этом сохраняют и преимущества металлических труб – высокую прочность, способность выдерживать большое давление, надёжность и долговечность. Несмотря на все перечисленные положительные характеристики, полиуретан может явиться источником поступления загрязняющих веществ в питьевую воду [9]. Особое внимание при гигиенической оценке обращают на основные компоненты пластика, выделяющиеся растворители и плёнкообразующие вещества, используемые в рецептуре материала. Однако определение лишь приоритетных компонентов (с учётом Единых санитарных требований) не даёт полной информации о химической стабильности полимерных материалов при проведении гигиенической оценки [10, 11]. На возможность применения материала влияют условия постановки эксперимента, включающие изучение процесса миграции, скорость которой зависит от множества факторов: рецептуры материала, технологии изготовления полимерного покрытия, времени контакта с тестовой водой, температуры и химического состава воды. Между тем методологии постановки исследований и методы оценки полученных показателей существенно отличаются в разных странах [12, 13].

Цель исследования – гигиеническая оценка двухкомпонентных полиуретановых покрытий, предназначенных для ремонта и восстановления (реконструкции) существующих систем питьевого водоснабжения, а также для защиты внутренних поверхностей трубопроводов, по контролируемым и неконтролируемым в рутинных исследованиях параметрам.

Материалы и методы

Проведено исследование восьми образцов двухкомпонентных полиуретановых покрытий различных фирм и стран-изготовителей. Исследуемые полимерные материалы, согласно технической документации и инструкциям изготовителей, предлагались для использования в питьевом водоснабжении – в трубах диаметром от 100 до 610 мм.

Готовые образцы представляли собой плотные гладкие эластичные пластины различных цветов (образцы серого, зелёного, бежевого, голубого цвета) толщиной 3–5 мм. Из шести исследованных образцов два эластомера обладали слабым химическим запахом.

Оценка образцов выполнена с учётом Единых требований, также исследованы показатели, не являющиеся обязательными для оценки полимерных материалов, используемых в питьевом водоснабжении.

Образцы предварительно подготавливали в соответствии с методическими указаниями МУ 2.1.4.2898-11 «Санитарно-эпидемиологические исследования (испытания) материалов, реагентов и оборудования, используемых для водоочистки и водоподготовки». Соотношение площади исследуемого материала и объёма контактирующей воды составляло $1 \times 1 \text{ см}^3$. В качестве исходной воды для приготовления водных вытяжек (опыт) использовали дехлорированную московскую водопроводную и дистиллированную воду. Вытяжки настаивали при температуре плюс 7, плюс 20 и плюс 37 °С. В качестве контроля использовали вышеуказанные типы вод для адекватной гигиенической оценки. Отбор проб опытной (водная вытяжка) и контрольной воды проводили на 1-е, 3-и, 5-е, 15-е и 30-е сутки исследований.

Оценку образцов проводили в следующих направлениях: органолептические исследования, изучение миграции из готового материала химических веществ (водные вытяжки), в том числе органических соединений и металлов. В физико-химических исследованиях оценивали органолептические показатели качества водных вытяжек (запах, привкус, цветность, мутность), определяли окисляемость перманганатную, рН, содержание нитратов, нитритов и аммиака.

Идентификация и количественное определение труднотлетучих органических веществ в воде выполнены хромато-масс-спектрометрическим методом, позволяющим надёжно идентифицировать и количественно определять с чувствительностью на уровне и ниже гигиенических нормативов широкий спектр органических веществ $C_{1}-C_{40}$ в воде с неизвестным составом загрязняющих веществ. Исследования проводили на хромато-масс-спектрометре Focus GC с DSQ II (США) в соответствии с действующими методическими документами по контролю органических веществ. Также определяли показатели, обязательные для оценки материалов, согласно Единым требованиям, – формальдегид и ацетальдегид, спирт метиловый, этиленгликоль.

Анализ неорганических веществ в водных вытяжках проводили на 30-е сутки опыта (вытяжка из материала на дистиллированной воде при температуре плюс 20 °С) по ГОСТ 31870-2012* методом атомной спектроскопии.

Результаты

При оценке органолептических показателей четыре исследуемых образца практически не изменяли запаха и привкуса водной вытяжки. Мутность и цветность московской водопроводной воды в процессе настаивания существенно не возрастали. В процессе контакта исследуемого материала с водой водородный показатель не отличался от контрольных величин. Окисляемость перманганатная, содержание нитратов, нитритов и аммиака не отличались от контрольных величин (см. таблицу).

Два образца, обладавшие слабым, едва заметным запахом, при настаивании (температура воды плюс 20 °С) существенно изменяли запах водной вытяжки: в 1-е сутки исследования он достигал 4 баллов и сохранялся на протяжении всего этапа наблюдений. При этом мутность и цветность московской водопроводной воды в процессе наста-

ивания не изменялись. В процессе контакта исследуемого материала с водой водородный показатель существенно не отличался от контрольных величин. Анализ возможной миграции органических веществ из указанных материалов показал, что в исследуемой водной вытяжке рост показателя перманганатной окисляемости отличался от такового в контрольной пробе и превышал гигиенический норматив на 15-е и 30-е сутки наблюдения.

Следующие два образца изменяли показатель запаха на 5-е сутки до 3 баллов, остальные органолептические показатели качества воды не изменялись. В одном из образцов обнаружено повышение перманганатной окисляемости выше нормативных величин.

Анализ нестабильных органических загрязнений показал, что содержание ацетальдегида не превышало предельно допустимой концентрации (0,2 мг/л) при исследовании вытяжек во все указанные в МУ 2.1.4.2898-11 сроки. Наибольшая миграция наблюдалась у ацетальдегида на уровне 0,9 ПДК на одном из образцов. Формальдегид также определялся на уровне 1,38 ПДК в одном из образцов.

Метиловый спирт и этиленгликоль, необходимые для оценки образцов в соответствии с Едиными требованиями, в вытяжках не определяли.

Исследования, ориентированные на идентификацию и количественное определение труднолетучих органических веществ в воде, выполнены на 5-е и 7-е сутки эксперимента.

При анализе водных вытяжек из образцов двухкомпонентных полимерных компаундов идентифицировано при различных температурах (плюс 37, плюс 20, плюс 7 °С) от 9 до 40 органических соединений. Многие идентифицированные вещества обнаружены в незначительных концентрациях, для большинства не установлены предельно допустимые уровни содержания в питьевой воде. Соединения относятся в основном к кислородсодержащим, среди которых можно выделить спирты, кетоны, сложные эфиры и фталаты.

Так, в одном из образцов в наибольшей концентрации выявлен 5-гидрокси-3,3-диметил-1-бензофуран-2(3Н)-он – 16,6 мг/л, который, возможно, является производным алкилированного бензофуран-2(3Н)-он – антиоксиданта, применяемого для защиты полимерных материалов от деструкции и термоокисления. Кроме того, идентифицированы азотсодержащие соединения, в том числе производные фенилендиаминов, которые являются промежуточными химическими продуктами, применяемыми в синтезе различных технических полимеров и термопластов (ПДК в воздухе рабочей зоны для орто-, мета- и пара-фенилендиаминов соответственно 0,5; 0,1 и 0,05 мг/м³), из этих производных в наибольшей концентрации, по данным хромато-масс-спектрометрического анализа, при настаивании в течение 5 сут (плюс 37 °С) обнаружен 2,4,6-триметил-мета-фенилендиамин – 5,24 мг/л.

В трёх образцах выявлены различные производные гликолей (возможно, фрагменты используемого в рецептуре полиола): в наибольшей концентрации – диметиловый эфир гексаэтиленгликоля (0,227 мг/л при плюс 37 °С) и диметокситетраэтиленгликоль (0,149 мг/л при плюс 7 °С), трипропиленгликоль (0,033 мг/л при плюс 37 °С), метиловый эфир тетрапропиленгликоля (0,235 мг/л при плюс 37 °С и 0,105 мг/л при плюс 20 °С). Эти соединения идентифицированы условно, и для них не установлены ПДК в питьевой воде (ПДК этиленгликоля равна 1 мг/л).

Кроме того, в двух образцах идентифицированы азотсодержащие соединения в незначительных концентрациях: октагидроакридин – 0,280 мг/л при плюс 37 °С и 0,82 мг/л при плюс 20 °С; азот-, серосодержащие соединения – бутиламид бензилсульфоновой кислоты (CAS No. 3622-84-2) в одном образце в концентрации, превышающей ПДК: от 0,044 мг/л (1,4 ПДК) при плюс 7 °С до 0,123 мг/л (4,1 ПДК) при плюс 37 °С и в концентрации от 0,044 мг/л (3,3 ПДК) при 20 °С до 0,497 мг/л (16,5 ПДК) при 37 °С. Бутиламид бензилсульфоновой кислоты нормирован по санитарно-токсикологическому показателю вредности, II класс опасности. Является пластификатором, применяемым в промышленности. Ещё в

* Межгосударственный стандарт ГОСТ 31870-2012 «Вода питьевая. Определение содержания элементов методами атомной спектроскопии» (введён в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 ноября 2012 г. № 1619-ст).

Обобщённые данные по результатам физико-химических исследований восьми образцов полиуретановых покрытий различных производителей

Generalized data on the results of physical-chemical studies of eight samples of polyurethane coatings from various manufacturers

Порядковый номер образца	Органолептические и физико-химические показатели		Показатели в водных вытяжках Indicators in water extracts				
	запах, балл Smell, points	перманганатная окисляемость permanganate oxidizability	контролируемые по Единым требованиям* controlled according to Uniform requirements*	неконтролируемые / Uncontrolled			
				органических соединений organic compounds	наименование name	мг/л mg/L	превышение ПДК, раз MPC, many times over
1	4	1.2 от норматива of the standard	Не превышают ПДК Do not exceed the MPC	15	1,2-дихлорбензол / 1,2-dichlorobenzene бутилацетат / butyl acetate никель / nickel	0.06 0.13 0.04	3 1.3 2
2	4	1.2 от норматива of the standard	Не превышают ПДК Do not exceed the MPC	до (up to) 11 (НК**)	никель / nickel	0.04	2
3	3	1.1 от норматива of the standard	Формальдегид – 0.069 мг/л (mg/L), 1.38 ПДК (MPC)	от 9 до 17 from 9 to 17	5-гидрокси-3,3-диметил-1-бензофуран-2(3H)-он 5-Hydroxy-3,3-dimethyl-1-benzofuran-2(3H)-oh 2,4,6-триметил-мета-фенилендиамин 2,4,6-Trimethyl-meta-phenylenediamine	16.6 5.24	– –
4	Не превышают допустимых величин Do not exceed the acceptable values	Не превышают допустимых величин Do not exceed the acceptable values	Не превышают ПДК Do not exceed the MPC	до 15	гексаэтиленгликоль / hexaethylene glycol диметокситетраэтиленгликоль dimethoxytetraethylene glycol бутиламид бензилсульфоновой кислоты butyl amide of benzylsulfamic acid	0.227 0.149 0.123	– – 4.1
5	Не превышают допустимых величин Do not exceed the acceptable values	Не превышают допустимых величин Do not exceed the acceptable values	Не превышают ПДК Do not exceed the MPC	от 13 до 16 from 13 to 16	метилвый эфир тетрапропиленгликоля tetrapropylene glycol methyl ether монобутилфталат / monobutyl phthalate октагидроакридин / octahydroacridine бутиламид бензилсульфоновой кислоты benzyl sulfonic acid butylamide	0.235 0.174 0.280 0.044	– – – 3.3
6	Не превышают допустимых величин Do not exceed the acceptable values	Не превышают допустимых величин Do not exceed the acceptable values	Не превышают ПДК Do not exceed the MPC	41	трипропиленгликоль tripropylene glycol	0.033	–
7	3	–	Не превышают ПДК Do not exceed the MPC	до (up to) 11 (НК)	–	–	–
8	Не превышают допустимых величин Do not exceed the acceptable values	Не превышают допустимых величин Do not exceed the acceptable values	Не превышают ПДК Do not exceed the MPC	до (up to) 11 (НК)	кадмий cadmium	0.011	1.1

Примечание. * Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к продукции (товарам), подлежащей санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю). Утверждены Решением Комиссии Таможенного союза от 28 мая 2010 г. № 299.
** НК – незначительные концентрации.

Note. * Uniform sanitary-epidemiological and hygienic requirements for products (goods) subject to sanitary-epidemiological supervision (control). Approved by the Decision of the Customs Union Commission No. 299 dated May 28, 2010. ** НК – insignificant concentrations.

одном образце обнаружено превышение ПДК дихлорбензола (в 3 раза) и бутилацетата (в 1,3 раза).

Анализ неорганических веществ на 30-е сутки опыта в водной вытяжке (вытяжка из материала на дистиллированной воде при температуре плюс 20 °С) показал, что миграция токсичных элементов I и II классов опасности (никеля, свинца, лития, кобальта) практически отсутствовала в пяти исследованных образцах. В двух образцах обнаружено содержание никеля на уровне 2 ПДК, в одном образце – кадмия на уровне 1,1 ПДК.

Обсуждение

При проведении исследований лишь по показателям, включённым в Единые требования, возможно было бы получить положительную санитарно-гигиеническую оценку четырёх образцов двухкомпонентных полиуретановых покрытий из восьми представленных. Однако основываясь только на контролируемых показателях, невозможно гарантировать безопасность применения данных полимерных материалов для здоровья населения [14–17].

Хромато-масс-спектрометрические исследования выявили, что при низком общем уровне концентраций химических

соединений в водных вытяжках список определяемых веществ достаточно обширен и значительно отличается у различных полимерных материалов даже одного ряда. Проведение гигиенической оценки двухкомпонентных полиуретановых покрытий, предназначенных для ремонта и восстановления (реконструкции) существующих систем питьевого водоснабжения, показывает, что даже из материалов с однотипными компонентами в модельную среду (дистиллированная вода) мигрируют принципиально различные химические вещества. При анализе водных вытяжек при разных температурах идентифицировано от 9 до 40 органических соединений, для большинства из них не установлены предельно допустимые уровни содержания в питьевой воде, отсутствуют полноценно проведённые токсикологические исследования для оценки безопасности для здоровья человека [18]. Указанные соединения относятся преимущественно к кислородсодержащим, среди которых необходимо отметить спирты, кетоны, сложные эфиры и фталаты. Несмотря на отсутствие заявленных растворителей в рецептуре исследуемых образцов, компоненты растворителей определяются в вытяжках. Возможно, это зависит от качества основных компонентов, применяемых технологических добавок, условий изготовления образцов. Например, обнаруженный в исследованиях диметилвый

эфир гексаэтиленгликоля можно найти только в составах этиленгликольдемитила, используемого в растворителях. Его молекулярный вес равен 310 г/моль, в смешанном виде — от 250 до 500 г/моль. Это может быть фрагмент используемого в рецептуре полиуретанового покрытия полиола, который способен вымыться на нанесённый слой.

Вопросы гигиенической оценки вымываемых органических соединений и в целом токсичности полимерных материалов представлены в Asserptance Food Safety Authority, где обозначены нормы миграции соединений: при суммарном количестве веществ менее 500 мкг/л присваивается низкий уровень миграции, в интервале 500–1500 мкг/л — средний уровень и более 1500 мкг/л — высокий уровень. Для полимерных материалов с высоким уровнем миграции контакт с питьевой водой не допускается. Доказано, что токсикологическую опасность могут представлять фракции с молекулярной массой менее 100, если же молекулярная масса более 1000, фракции не представляют опасности для здоровья, поскольку их миграция затруднена [19].

Также в исследованиях нами обнаружено три образца, из которых в дистиллированную воду происходила миграция неорганических компонентов — кадмия и никеля. Наличие в полиуретановых композициях кадмийсодержащих пигментов должно служить основанием для запрещения применения данных материалов. Также необходимо регламентировать использование металлических стабилизаторов и модифицирующих добавок, например, дисперсии метилфосфита металла [20]. Как известно из литературы, данная добавка используется для увеличения водостойкости покрытия, а также позволяет получать полиуретан с высокими значениями твёрдости и прочности. Равномерное распределение метилфосфита металла в структуре полиуретана и возникновение регулярных центров повышенной плотности обеспечивает высокие значения твёрдости и прочности при разрыве полиуретанового покрытия, а также повышение термостойкости композиции.

Заключение

На интенсивность миграции влияют многие факторы: рецептура материала, технология изготовления полимерного покрытия, время контакта с водой, температура окружающей среды, химический состав воды, площади соприкосновения сред и многие другие. Поэтому миграцию химических веществ из полимерных материалов нельзя оценить без учёта конкретных условий их применения в практике питьевого водоснабжения.

В настоящее время существуют определённые противоречия и недоработки в методологии и подходах к оценке миграции химических веществ из полимерных покрытий в питьевую воду. Хотелось бы обратить внимание на следующие предложения к оценке материалов:

1. Не ограничиваться узким набором контролируемых соединений, а проводить широкий анализ как органических, так и неорганических веществ.

2. Учитывать область применения материалов (магистральные трубопроводы или разводящая сеть) либо ориентироваться на наименьший диаметр труб, для которых используется данный материал, при расчёте соотношения площади поверхности материалов и объёма тестовой воды в эксперименте и/или для оценки полученной концентрации соединений.

3. В эксперименте имитировать условия различных режимов потока в трубопроводах (ситуации непрерывного застоя в системе и стандартного состояния потока с регулярным обновлением воды в водопроводных сетях), то есть проводить исследования с полной сменой тестовой воды в определённые сутки эксперимента, а не только оценивать непрерывную миграцию в течение месяца.

4. С учётом постоянно расширяющегося использования в различных сферах деятельности человека полимерных материалов доработка и стандартизация методологии их оценки являются актуальными.

Литература

(п.п. 15–17, 19 см. References)

1. Кимельблат В.И. Трубопроводы из термопластов. *Полимеры в строительстве: научный интернет-журнал*. 2014; (1): 72–92.
2. Кимельблат В.И. *Применение полимерных труб*. Казань; 2005.
3. ЛКМ Портал. Кофтыук В.А. Формирование покрытий на основе полиуретановых ЛКМ. *Лакокрасочная промышленность*. 2012; (7). Доступно: <https://www.lkmportal.com/articles/formirovanie-pokrytiy-na-osnove-poliuretano-nyh-lakokrasochnyh-materialov>
4. Кондратьев И.А. Технология Scotchkote™ от компании 3M — новое слово в ремонте трубопроводов. *Промышленный электрообогрев и электроотопление*. 2012; (2): 54–7.
5. Орлов В.А. Обеспечение физической целостности и энергосбережения трубопроводных систем транспорта воды после их реконструкции. *Вода и экология: проблемы и решения*. 2019; (4): 37–46. <https://doi.org/10.23968/2305-3488.2019.24.4.37-46>
6. Продоус О.А., Джанбеков Б.А. Трубы с полиуретановым покрытием для строительства Тебердинского магистрального группового водопровода. *Водоснабжение и санитарная техника*. 2018; (2): 61–3.
7. Кофтыук В.А., Полякова М.Н., Листова О.В., Ямский В.А. Формирование покрытий на основе полиуретановых ЛКМ. *Лакокрасочная промышленность*. 2012; (7). Доступно: <https://www.lkmportal.com/articles/polimernye-materialy-i-pererabotka-plastmass>
8. Кухта Т.Н., Прокопчук Н.Р. Пленкообразователи порошковых красок и их отвердители (обзор). *Труды БГТУ. Серия 2: Химические технологии, биотехнология, геоэкология*. 2018; (1): 40–52.
9. Серди И.В. Особенности токсиколого-гигиенической экспертизы водно-дисперсионных красок. *Современные проблемы токсикологии*. 2001; (1): 42–7.
10. Басалаева Л.В., Шафран Л.М. Совершенствование методических подходов к гигиенической оценке отвержденных лакокрасочных покрытий, используемых в хозяйственно-питьевом водоснабжении транспортных объектов. *Актуальные проблемы транспортной медицины*. 2008; (4): 114–26.
11. Калугина Е.В., Горбунова Т.Л. К вопросу о миграции вредных веществ из полимерных материалов. *Обзор. Пластические массы*. 2007; (8): 52–5.
12. Алексеева А.В., Савостикова О.Н., Мамонов Р.А. Сравнительный анализ методов оценки возможности применения полимерных материалов в питьевом водоснабжении, закрепленных в законодательствах России и Германии. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2019; (10–2): 263–7.
13. Алексеева А.В., Савостикова О.Н., Мамонов Р.А. Необходимость проведения актуализации и апробации методик оценки материалов, планируемых для применения в питьевом водоснабжении, в зависимости от вида материала и его функционального назначения с учетом международного опыта. В кн.: *Материалы I национального конгресса с международным участием по экологии человека, гигиене и медицине окружающей среды «Сысские чтения-2020»*. Сборник тезисов. М.: 2020; 16–9.
14. Михайлова Р.И., Рыжова И.Н., Алексеева А.В., Каменецкая Д.Б., Кочеткова М.Г., Иксанова Т.И. Актуальные проблемы водообеспечения населения РФ. В кн.: *Российская гигиена — развивая традиции, устремляясь в будущее: материалы XII Всероссийского съезда гигиенистов и санитарных врачей. Сборник тезисов*. М.: 2017; 294–7.
15. Попова А.Ю., Брагина И.В., Смоленский В.Ю., Завистяева Т.Ю., Гуськов А.С., Сенников С.В., Черненко С.М. Руководство 1.2.3156-13. Оценка токсичности и опасности химических веществ и их смесей для здоровья человека. М.; 2014.
16. Орлова С.А., Тужиков О.О., Тужиков О.И., Лавникова И.В. Полиуретановая композиция для покрытий. Патент РФ № 2715541 С1; 2020.

References

1. Kimmelblat V.I. Thermoplastics pipes. *Polimery v stroitel'stve: nauchnyy internet-zhurnal*. 2014; (1): 72–92. (in Russian)
2. Kimmelblat V.I. *Application of Polymer Pipes [Primenenie polimernykh trub]*. Kazan; 2005. (in Russian)
3. LKM Portal. Koptyuk V.A. Formation of coatings based on polyurethane coatings. *Lakokrasochnaya promyshlennost'*. 2012; (7). Available at: <https://www.lkmportal.com/articles/formirovanie-pokrytiy-na-osnove-poliuretano-nyh-lakokrasochnyh-materialov> (in Russian)

4. Kondrat'ev I.A. Scotchkote™ technology from 3M company – a new step in pipeline repair. *Promyshlennyy elektroobogrev i elektrootoplenie*. 2012; (2): 54–7. (in Russian)
5. Orlov V.A. Ensuring physical integrity and energy saving in water transport pipeline systems after their reconstruction. *Voda i ekologiya: problemy i resheniya*. 2019; (4): 37–46. <https://doi.org/10.23968/2305-3488.2019.24.4.37-46> (in Russian)
6. Prodous O.A., Dzhanbekov B.A. Pipes with polyurethane coating for the construction of the teberda group water main. *Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika*. 2018; (2): 61–3. (in Russian)
7. LKM Portal. Koptyuk V.A., Polyakova M.N., Listova O.V., Yamskiy V.A. Formation of coatings based on polyurethane coatings. *Lakokrasochnaya promyshlennost'*. 2012; (7). Available at: <https://www.lkmportal.com/articles/polimernye-materialy-i-pererabotka-plastmass> (in Russian)
8. Kukhta T.N., Prokopchuk N.R. Powder paints filming and curing agents. *Trudy BGTU. Seriya 2: Khimicheskie tekhnologii, biotekhnologiya, geoekologiya*. 2018; (1): 40–52. (in Russian)
9. Serdi I.V. Features of toxicological and hygienic examination of water-dispersion paints. *Sovremennyye problemy toksikologii*. 2001; (1): 42–7. (in Russian)
10. Basalaeva L.V., Shafran L.M. Perfection of methodical approaches to a hygienic estimation of the dried paints coverings used in drinking water supply of transport objects. *Aktual'nye problemy transportnoy meditsiny*. 2008; (4): 114–26. (in Russian)
11. Kalugina E.V., Gorbunova T.L. To the question of migration of harmful substances from polymeric materials. Overview. *Plasticheskie massy*. 2007; (8): 52–5. (in Russian)
12. Alekseeva A.V., Savostikova O.N., Mamonov R.A. Methodical issues of assessment of possibility of application in drinking water supply of polymeric materials. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy*. 2019; (10–2): 263–7. (in Russian)
13. Alekseeva A.V., Savostikova O.N., Mamonov R.A. The need to update and test methods for assessing materials planned for use in drinking water supply, depending on the type of material and its functional purpose, taking into account international experience. In: *Materials of the I National Congress with International Participation on Human Ecology, Hygiene and Environmental Medicine Sysin Readings-2020. Collection of Abstracts [Materialy I natsional'nogo kongressa s mezhdunarodnym uchastiem po ekologii cheloveka, gigiene i meditsine okruzhayushchey sredy «Systsinskie chteniya-2020»*. Moscow: 2020; 16–9. (in Russian)
14. Mikhaylova R.I., Ryzhova I.N., Alekseeva A.V., Kamenetskaya D.B., Kochetkova M.G., Iksanova T.I. Actual problems of water supply for the population of the Russian Federation. In: *Russian Hygiene – Developing Traditions, We Rush into the Future: Materials of the XII All-Russian Congress of Hygienists and Sanitary Doctors [Rossiyskaya gigiene – razvivaya traditsii, ustremlyayemsa v budushchee: materialy XII Vserossiyskogo s'ezda gigenistov i sanitarnykh vrachey. Sbornik tezisov]*. Moscow: 2017; 294–7. (in Russian)
15. Zhang L., Liu S., Liu W. Investigation of organic matter migrating from polymeric pipes into drinking water under different flow manners. *Environ. Sci. Process. Impacts*. 2014; 16(2): 280–90. <https://doi.org/10.1039/c3em00432e>
16. Bollaín Pastor C., Vicente Agulló D. Presence of microplastics in water and the potential impact on public health. *Rev. Esp. Salud. Publica*. 2019; 93: e201908064. (in Spanish)
17. Skjevraak I., Due A., Gjerstad K.O., Herikstad H. Volatile organic components migrating from plastic pipes (HDPE, PEX and PVC) into drinking water. *Water Res.* 2003; 37(8): 1912–20. [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(02\)00576-6](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(02)00576-6)
18. Popova A.Yu., Bragina I.V., Smolenskiy V.Yu., Zavistyaeva T.Yu., Guskov A.S., Sennikov S.V., Chernenko S.M. Guide R 1.2.3156-13. Assessment of the toxicity and hazards of chemical substances and their mixtures for human health. Moscow; 2014.
19. Note for guidance for petitioners presenting an application for the safety assessment of a substance to be food used contact materials prior to its authorisation. *EFSA J.* 2008; 6(7): 21r. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2008.21r>
20. Orlova S.A., Tuzhikov O.O., Tuzhikov O.I., Lavnikova I.V. Polyurethane coating composition. Patent RF № 2715541 C1; 2020. (in Russian)