

*Шевчук Л. М., Ганькин А. Н., Гриценко Т. Д., Ивашкевич Л. С.,
Тимофеева О. Н.*

**МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ЛАБОРАТОРНО-АНАЛИТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ
СТОЙКИХ ОРГАНИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ
В ОБЪЕКТАХ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

Научно-практический центр гигиены, г. Минск, Республика Беларусь

Одной из общих мировых экологических проблем современности является предотвращение загрязнения окружающей среды стойкими органическими загрязнителями (далее – СОЗ). Особое место среди полигалогенированных СОЗ занимают полибромированные дифенил эстеразы (ПБДЭ, полибромированные антипирены) – вещества, применяемые в качестве добавок к материалам для придания им огнестойких свойств.

Основными источниками выделения полибромированных антипиренов в атмосферный воздух являются: эластичные пенополиуретаны, текстиль (пента-БДЭ), пластиковые корпуса техники, телевизоры, платы (окта-БДЭ), ударопрочный полистирол, пластиковые корпуса электрооборудования, изоляционная обмотка кабелей, проводов, текстильные покрытия (дека-БДЭ). Из-за неспособности ПБДЭ к ковалентному связыванию с полимерами в материалах, они легко попадают в окружающую среду, интегрируются в пищевые цепочки, затем, обладая выраженной биоаккумуляцией, проникают в ткани животных и человека (обнаруживаются в крови, жировой ткани и грудном молоке). При попадании ПБДЭ в воду компоненты этих сложных смесей частично адсорбируются и выпадают в осадок, а другая часть находится во взвешенном состоянии [1].

Установлено, что приоритетным с точки зрения безопасности для здоровья населения, является контроль за содержанием 2,2',4,4'-тетрабромдифенилового эфира (БДЭ-47), 2,2',4,4',5-пентабромдифенилового эфира (БДЭ-99) и 2,2',3,3',4,4',5,5',6,6'-декабромдифенилового эфира (БДЭ-209).

ПБДЭ могут оказывать воздействие на организм человека через воздух, воду, однако, основной путь поступления ПБДЭ в организм человека связан с пищей, особенно содержащей большое количество жиров. Обнаружены ПБДЭ в мясе (свинина, говядина), растительных маслах, рыбе, моллюсках и ракообразных, яйцах – до 569,3 мкг/г. Наиболее загрязненным ПБДЭ продуктом является жир

печени рыб, используемый как биологически активная добавка – до 2100 мкг/г, а также жирные сорта морской и пресноводной рыбы. В зерновых, фруктах и корнеплодах ПБДЭ не обнаружены. Низкобромированные конгенеры ПБДЭ (тетра-, пента-) могут содержаться в воздухе (атмосферный воздух и воздух жилых помещений) и оказывать прямое воздействие на организм человека в результате вдыхания.

Влияние ПБДЭ на организм человека на сегодняшний день изучено недостаточно, однако исследования, проведенные на лабораторных животных, позволяют предполагать, что данные вещества могут обладать свойствами эндокринных дизрапторов: вызывать нарушение функций щитовидной железы и снижать уровень содержания тиреоидных гормонов, вызывать расстройства нервной системы [2].

Адекватность мероприятий по защите здоровья населения от воздействия ПБДЭ в значительной степени зависит от того, отвечают ли методы детекции этих веществ в объектах окружающей среды критериям точности, надежности и воспроизводимости. В то же время данные методы должны быть валидированными и стандартизованными. Важным условием для разработки методов детекции является представление о нормированном безопасном уровне содержания ПБДЭ в объектах окружающей среды с учетом возможности проведения параллельных исследований содержания доминирующих конгенов ПБДЭ в наиболее значимых объектах окружающей среды (воздух, вода, рыба и рыбная продукция).

В рамках исследований проведенных в государственном предприятии НПЦГ разработана инструкция по применению «Метод гигиенической оценки содержания полибромдифениловых эфиров в атмосферном воздухе и воздухе помещений административных и общественных зданий», утвержденная Заместителем Министра здравоохранения – Главным государственным санитарным врачом Республики Беларусь 21 марта 2016 г., № 026-1215 и содержащая порядок выполнения отбора проб воздуха для исследований, методы выполнения измерений и оценку полученных результатов с целью установления причинно-следственных связей между влиянием загрязнения воздушной среды ПБДЭ и здоровьем населения.

При выборе метода пробоотбора загрязняющих веществ в воздушной среде (атмосферный воздух и воздух помещений) следует учитывать возможность определения не только максимальных разовых концентраций, но и среднесуточных и среднегодовых, позволяющих выполнять оценку потенциального риска их воздействия на здоровье человека при длительном воздействии. Такими преимуществами обладает способ диффузного пробоотбора. Преимуществом диффузионного пробоотбора является возможность пролонгированного мониторинга в течение длительного периода времени, включая учет пиковых концентраций, чего невозможно достичь при использовании аспирационного пробоотбора, а также отсутствие необходимости в постоянном электропитании оборудования и присутствии специалиста. Нечувствительность к пиковым концентрациям загрязняющих веществ, способность выполнять отбор проб загрязняющих веществ разной химической природы и находящихся в низких и очень низких концентрациях (что актуально при мониторинге СО₂), невысокая стоимость диффузион-

ных пробоотборников, бесшумный режим работы в процессе эксплуатации делают его методом выбора при мониторинге СОЗ.

Также диффузионный пробоотбор нашел применение при оценке степени внешней индивидуальной экспозиции человека к загрязнителям воздушной среды (оценка персональных доз). Так, данный метод применим для оценки нагрузки летучими органическими соединениями, формальдегидом, азота диоксидом. Является основным методом пробоотбора при мониторинге стойких органических загрязнителей (полихлорированных бифенилов, пестицидов, диоксинов/фуранов) в атмосферном воздухе, в том числе полибромдифениловых антипиренов.

На сегодняшний день доступны аналитические методы количественного определения низкобромированных ПБДЭ в объектах окружающей среды. Как правило, трудность представляет количественное определение высокобромированных конгенов ПБДЭ в образцах [3]. В целях решения данной задачи государственным предприятием НПЦГ разработаны методики выполнения измерений доминирующих конгенов ПБДЭ в воздушной среде методом газовой хроматографии с использованием масс-спектрометрического детектора. Данные методики позволяют с точностью до $0,00005 \text{ мг/м}^3$ выполнять количественное определение доминирующих представителей ПБДЭ в пробах воздуха.

Таким образом, сочетание адекватных методов пробоотбора с высокоточным количественным определением поллютантов в объектах окружающей среды может использоваться при обосновании, разработке и проведении целенаправленных профилактических мероприятий и контроле эффективности их выполнения.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Covaci, A.* Determination of brominated flame retardants, with emphasis on polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in environmental and human samples – a review / A. Covaci, S. Voorspoels, J. de Boer // *Environment International*. 2003. № 29. P. 735–756.
2. *Toxicological profile for polybrominated biphenyls and polybrominated diphenyl ethers* – U.S. Department of health and human services // *Public health service. Agency for toxic substances and disease registry*. 2004. 619 p.
3. *Stapleton, H. M.* Instrumental methods and challenges in quantifying polybrominated diphenyl ethers in environmental extracts: a review / H. M. Stapleton // *Anal. Bioanal. Chem.* 2006. № 386 (4). P. 807–817.