

К.М. Тиняков¹, Н.В. Косорукова¹, В.Н. Тимошин¹, Г.В. Макаrenchенко²
(¹НПО "ЭКОТРОМ", ²ООО "ЭкотромТехнология"; e-mail: tin_k@mail.ru)

О ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ХИМИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ С РТУТЬЮ В ПАРООБРАЗНОМ СОСТОЯНИИ

Проведена оценка эффективности демеркуризационных препаратов, используемых в настоящее время. Установлено, что применение таких препаратов, как хлорное железо и перманганат марганца не обеспечивает обезвреживание помещений, загрязнённых ртутью. Результаты оценки позволили авторам разработать новые технологии и препараты для очистки объектов от ртути.

Ключевые слова: ртуть, демеркуризация, ртутные загрязнения, разбитый градусник, энергосберегающие лампы, разбитые люминесцентные лампы.

***K.M. Tinyakov, N.V. Kosorukova, V.N. Timoshin, G.V. Makarchenko* ABOUT INTERACTION OF CHEMICALS PREPARATIONS WITH MERCURY IN THE VAPOR STATE**

Estimation of efficiency demercuration preparations which currently in use are held. It is emphasized that so prepares how FeCl₃ and KMnO₄ do not allow to clean a suffice, polluted by mercury. The results of estimation allowed the authors to create new technologies and preparations to clear of objects from the mercury.

Key words: mercury, demercurization, mercury pollution, broken-down thermometer, energy-efficient lamp, destroy luminescent lamp.

Ртуть является одним из самых распространенных и опасных токсикантов с высокой тяжестью негативного воздействия на здоровье человека и окружающую среду. Практически во всех странах она входит в "черные списки" химических веществ, подлежащих особому экологическому и гигиеническому контролю. Широким применением ртути в самых различных областях человеческой деятельности, с одной стороны, и высокой токсичностью ртути и её соединений – с другой, обусловлена значимость ртутной проблематики в целом и вопросов очистки от ртути объектов городской среды, в частности.

Для устранения очагов ртутного загрязнения производится **демеркуризация** – комплекс мероприятий, включающий приборное обследование объекта, работы по демонтажу покрытий и элементов конструкции помещений (в случае необходимости), химическую обработку поверхностей, переработку ртутьсодержащих отходов.

Демеркуризация является одним из направлений деятельности НПП "Экотром" – ведущего предприятия России по переработке ртутьсодержащих отходов [1]. Для проведения демеркуризационных работ предприятие располагает необходимой производственной и научной базой, имеет аккредитованную аналитическую лабораторию экологического контроля ртутных загрязнений. Демеркуризационные работы проводят специалисты соответствующей квалификации, которые осуществляют весь комплекс мероприятий по обезврежива-

нию объектов (обследование, определение технологии работ, приготовление патентованных препаратов и т.д.). Демеркуризационная служба предприятия оснащена транспортными средствами, имеет приборы оборудование и средства защиты, необходимые для проведения работ. Деятельность предприятия лицензирована.

Необходимой составляющей демеркуризационных работ, залогом их успеха является использование для обработки загрязненных ртутью поверхностей эффективных химических препаратов. Перечень основных средств химической демеркуризации представлен в основном руководящем документе по данному вопросу, действующему в настоящее время, – Методических рекомендациях по контролю за организацией текущей и заключительной демеркуризацией и оценке её эффективности, № 4545-87 [2].

Вместе с тем опыт работы показывает, что далеко не все средства, предлагаемые в указанных выше рекомендациях, позволяют снизить уровень ртутного загрязнения помещений до значений, не превышающих предельно-допустимые концентрации паров ртути в воздухе (ПДК). Кроме этого необходимо учитывать, что из-за высокого потенциала ионизации преобразование ртути атомарной в соединения осуществляется в большинстве случаев посредством использования сильных окислителей, которые могут оказать негативное влияние на предметы интерьера помещений, приборы и аппаратуру. В связи с этим для обеспечения научно-обоснованного выбора препаратов, оптимальных с точки зрения решаемых задач, НПП "Экотром" была проведена оценка эффективности используемых в настоящее время демеркуризационных препаратов и экологической корректности применяемых технологий. Рассмотрен широкий спектр средств очистки от ртути, указанных в Методических рекомендациях № 4545-87 [2], также способы демеркуризации, разработанные и запатентованные на основании практики очистки от ртути различных объектов [3-6].

Оценка эффективности демеркуризационных препаратов производилась при следующих условиях: площадь помещения, загрязнённого парами ртути, – 15 м^2 ; концентрация паров ртути в воздухе – $0,0060 \text{ мг/м}^3$, то есть 20 ПДК (ПДК = $0,0003 \text{ мг/м}^3$), поверхность пола – цементная стяжка. Приборное обследование воздуха помещения проводилось специалистами аналитической лаборатории экологического контроля ртутных загрязнений (Аттестат аккредитации аналитической лаборатории экологического контроля ртутных загрязнений № РОСС RU. 0001.511150) атомно-абсорбционным методом. В работе использован прибор АГП-01-2М, измерения выполнены в режиме накопления 0,5; 1 и 5 л; пробы воздуха отбирались на уровне пола. Замеры производились через неделю после однократной обработки помещения демеркуризационным препаратом (фиксирувалась эффективность метода очистки от ртути) и через 6 месяцев после окончания демеркуризации (определялась устойчивость продуктов демеркуризации и, следовательно, гарантия достигнутого результата). Результаты обследования на загрязненность воздуха помещения парами ртути приведены в табл. 1.

Результаты определения эффективности демеркуризационных препаратов

№ п/п	Наименование препарата	Содержание паров ртути в воздухе после демеркуризации		Особенности реакции
		через		
		1 неделю	6 месяцев	
1	Хлорное железо, 20 %-ный раствор (реком. № 4545)	10,1 ПДК	18,0 ПДК	Продукты реакции неустойчивы, выделяют ртуть, реагенты агрессивны.
2	Перманганат калия, 0,2 %-ный раствор + соляная кислота (реком. № 4545)	13,4 ПДК	19,0 ПДК	Продукты реакции неустойчивы, выделяют ртуть.
3	Тиосульфат натрия, 10 %-ный раствор + соляная кислота (реком. № 4545)	8,4 ПДК	8,0 ПДК	Выделяются едкие газообразные кислородные соединения серы
4	Персульфат калия, 10 %-ный раствор + тиомочевина, 5 %-ный раствор (авт. свидетельство)	2,4 ПДК	2,1 ПДК	Выделение газообразных продуктов отсутствует. Препарат не вызывает коррозии металла
5	Полисульфид натрия, 30 %-ный раствор (реком. № 4545)	1,8 ПДК	1,7 ПДК	Выделение газообразных продуктов отсутствует, рН = 12.
6	Йодид калия, 10 %-ный раствор + сульфат меди 15 %-ный раствор (патент)	Менее ПДК	Менее ПДК	Выделяется газообразный йод. Образования цветных солей обозначают очаги ртутного загрязнения.
7	"Э-2000" (патент)	Менее ПДК	Менее ПДК	Выделение газообразных продуктов отсутствует, рН = 12.

Установлено, что большинству применяемых в настоящее время средств химической демеркуризации свойственны существенные недостатки. Многие из этих средств отличаются неполным преобразованием ртути. Так, обработка помещения растворами хлорного железа и перманганата калия (пп. 1, 2, табл. 1) снижает содержание паров ртути в воздухе с 20 ПДК до 18-13. Кроме этого с течением времени продукты демеркуризации разлагаются с выделением в воздух атомарной ртути, то есть гарантия обезвреживания отсутствует. Наиболее эффективными средствами очистки от ртути, как показало исследование, являются препараты на основе йодида калия (п. 6) и "Э-2000" (п. 7), которые позволяют снизить уровень ртутного загрязнения помещения до значений, не превышающих ПДК. Вместе с тем средства демеркуризации на основе йодида калия (п. 6) отличаются высокой агрессивностью: реагенты оказывают негативное воздействие на различные поверхности, приборы и аппаратуру, являются высокотоксичными; работа с указанными реагентами требует специ-

альных средств защиты. Этот метод весьма эффективен для обезвреживания объектов, на которых предполагается перепрофилирование: заводы, ангары и т.д. Вместе с тем указанный способ демеркуризации нецелесообразно использовать для очистки от ртути учреждений здравоохранения, жилых помещений и др.

Следует отметить, что демеркуризационный препарат на основе персульфата калия (п. 4), не обеспечивающий снижение уровня ртутного загрязнения до установленных норм при использовании его на цементной стяжке, то есть при наличии микронеровностей и пор, позволяет успешно осуществлять демеркуризацию гладких поверхностей (металлические конструкции и т.д.), для обезвреживания которых это средств было разработано.

Наряду со степенью преобразования ртути в её соединения (необходимо снизить содержание паров ртути в воздухе помещений до уровня ПДК), важным показателем эффективности демеркуризационного препарата является устойчивость продуктов демеркуризации, которая гарантирует, практически, бессрочность достигнутого эффекта. Соединением ртути, отвечающим указанному критерию, является сульфид ртути (именно в сульфидной форме ртуть присутствует в природе).

Идентификации форм ртути, образующихся в процессе демеркуризации, осуществлялась посредством моделирования с использованием в качестве загрязненного ртутью материала люминофора люминесцентных ламп, обработанного теми же препаратами, которыми производилась очистка помещения. Анализ продуктов демеркуризации осуществлялся методом атомной абсорбции с последующим детектированием образовавшейся атомарной ртути на анализаторе ИМГРЭ-900 [7] и химическим методом. Определение процентного содержания термоформ выполнялось в интервалах 70-140 °С (температура максимального выхода атомарной ртути) и 240-340 °С (температура, отвечающая сульфиду ртути). Результаты термического анализа приведены в табл. 2.

Таблица 2

Влияние демеркуризатора на соотношение форм ртути в продуктах реакции

Наименование препарата, использованного при демеркуризации	Содержание форм ртути в продуктах реакции, %	
	Интервал температур, °С	
	менее 140 (интервал температур выхода атомарной ртути)	240-340 (интервал температур, отвечающий сульфидной форме ртути)
Люминофор исходный (необработанный)	87,4-89,6	1,1-1,3
Сернистый натрий, 20 %-ный раствор	13,9-14,2	4,8-5,1
30 %-ный раствор полисульфида натрия	2,2-2,5	22,6-23,2
"Э-2000"	0,3-0,4	85,8-87,6

Результаты термического исследования (табл. 2), подтверждённые данными химического анализа, показывают, что из исследованных препаратов наиболее эффективным является препарат "Э-2000", содержащий полисульфид кальция, комплексные соединения и поверхностно активные вещества. Применение этого средства демеркуризации позволяет устранить ртутное загрязнение воздуха помещений, преобразуя ртуть в сульфидную форму – наиболее устойчивое соединение этого элемента.

Использование препарата "Э-2000" показало высокую эффективность этого средства при проведении демеркуризации объектов, спектр которых весьма разнообразен и включает помещения различного назначения – научно-исследовательские институты, конструкторские бюро, предприятия энергетики, лечебно-профилактические, образовательные, административные учреждения, жилые квартиры.

Многолетний опыт работы научно-производственного предприятия "Экотром" показывает, что разработка и применение новых демеркуризационных технологий и препаратов позволяют осуществлять практически полную, с бессрочной гарантией очистку от ртути объектов городской среды с ртутным загрязнением различной степени сложности.

Литература

1. *"Экотром"* – обеспечение ртутной безопасности Московского региона / Макаренко Г.В., Яковлев С.И., Тимошин В.Н., Косорукова Н.В. // Сборник тезисов докладов 5-го Международного конгресса по управлению отходами и природоохранными технологиями. ВейстГэк-2007. М., 2007. С. 242.
2. *Методические* рекомендации по контролю за организацией текущей и заключительной демеркуризацией и оценке её эффективности. Утв. Минздравом СССР 31.12.97. № 4545-87.
4. *Макаренко Г.В., Косорукова Н.В.* Патент РФ № 2175664. Способ демеркуризации объектов, загрязненных ртутью "Э-2000", и состав для демеркуризации "Э-2000".
5. *Косорукова Н.В., Потехин Д.С.* Патент РФ № 2240337. Состав для демеркуризации.
6. *Макаренко Г.В., Косорукова Н.В.* Новое средство для устранения ртутных загрязнений // Экология промышленности России, № 1, 2003. С. 44-46.
7. *Никитин С.В.* Патент РФ № 2081198. Способ очистки помещений от ртути.
8. *Макаренко Г.В., Косорукова Н.В., Волох А.А.* Демеркуризация объектов городской среды // Эколого-геохимические проблемы ртути. Сборник научных статей. М.: ИМГРЭ, 2000. С. 153-161.