

Е.П. ЯНИН

**РТУТНЫЕ ТЕРМОМЕТРЫ:
ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ
ПРОИЗВОДСТВА, ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
И УТИЛИЗАЦИИ**

МОСКВА - 2004

УДК 550.4:621.327

Янин Е.П. Ртутные термометры: экологические аспекты производства, использования и утилизации. – М.: ИМГРЭ, 2004. – 55 с.

Дается оценка эмиссии ртути в окружающую среду при производстве и использовании ртутных термометров в России. Анализируются особенности распределения и технологические потери ртути при промышленном изготовлении термометров. Рассматриваются проблемы утилизации использованных ртутных термометров.

Табл. 15; рис. 5; список лит. – 96 назв.

© Янин Е.П., 2004

Предисловие

Производство ртутных термометров требует значительных количеств металлической ртути и сопровождается ее эмиссией в окружающую среду. При использовании ртутных термометров в быту, медицине, сельском хозяйстве, промышленности и в других сферах человеческой деятельности значительная часть их по тем или иным причинам ежегодно выходит из строя. Вышедшие из строя термометры являются одним из существенных источников поступления ртути в окружающую среду.

В отечественной литературе экологические аспекты промышленного изготовления и практического применения различных ртутных термометров освещены недостаточно полно. Отсутствуют количественные оценки эмиссии ртути в окружающую среду при производстве и использовании ртутных термометров в России. Все это является серьезным препятствием для точного учета поступающей в среду обитания ртути, для разработки мероприятий по снижению поступления токсичного металла в среду обитания, а также для организации эффективных систем учета, сбора и последующей утилизации вышедших из строя ртутных термометров.

В предлагаемой работе дается оценка эмиссии ртути в окружающую среду при производстве и использовании ртутных термометров в современной России, рассматриваются особенности поведения и технологические потери металла при промышленном изготовлении ртутных термометров, ее распределения в различных компонентах окружающей среды в районе термометровых заводов, анализируются отечественный рынок термометров и масштабы их практического применения в стране, освещаются проблемы утилизации использованных (вышедших из строя) изделий.

Автор признателен Администрации ОАО «Термоприбор» (главный инженер С.Г. Иткин), предоставившей первичную статистическую информацию о потреблении ртути, объемах производства и масштабах использования ртутных термометров в России, В.В. Бессонову (ООО «Экологическое предприятие «Меркурий», г. Санкт-Петербург), Р.В. Болохонцевой (Центр Госсанэпиднадзора по Смоленской области, г. Смоленск), С.Ю. Гладкову (НПЭФ «ЭкОН», г. Москва), А.Ю. Ермишеву (ФГУ «Мордовский территориальный фонд геологической информации» МПР РФ, г. Саранск), А.И. Ильяшенко (ЗАО «НПП «Кубаньцветмет», пос. Холмский Краснодарского края), О.М. Климову (НИЦПУРО, г. Мытищи), В.М. Корницкой (Агентство «Ртутьсервис», г. Москва) и Г.В. Макаrenchко (ООО «НПП «Экотром», г. Москва) за консультации и помощь в сборе фактических данных об использовании

и переработке вышедших из строя термометров, а также К. Лассену (*COWI A/S*) за предоставленную возможность ознакомиться с материалами инвентаризаций техногенных источников ртути, выполненных в разное время в США и ряде европейских стран, и Ю.Г. Тацию (Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН, г. Москва) за ценные советы и конструктивные замечания.

Ответственность за степень точности и достоверности ниже приведенных оценок эмиссии ртути при промышленном производстве и практическом использовании ртутных термометров в России несет автор.

Краткая история ртутного термометра

Температура (от латинского слова «*temperatura*» – надлежащее смешение, соразмерность, нормальное состояние) – один из основных параметров, характеризующий тепловое состояние системы*. С молекулярно-кинетической точки зрения температура равновесной системы характеризует интенсивность теплового движения атомов, молекул и других частиц, образующих систему. С обыденной точки зрения, температура – это степень нагретости какого-либо тела по определенной шкале, для грубой оценки которой можно воспользоваться чувствительностью собственной кожи, но, увы, наши ощущения тепла и холода ограничены и ненадежны. Температуру измеряют специальным прибором – термометром.

Действие термометра основано на изменении в зависимости от температуры каких-либо физических свойств веществ, применяемых в термометре, например, объема жидкостей и газов (жидкостные термометры, газовые термометры, манометрические термометры), электрического сопротивления металлов (термометры сопротивления) или термоэлектродвижущей силы термопары (электроконтактные термометры), а также на изменении полного и монохроматического излучения (радиационные и оптические пирометры). В 1981 г. был создан электронный медицинский цифровой термометр; затем появились инфракрасные термометры. Недавно японские инженеры сконструировали термометр, длина которого всего 0,0001 мм, а толщина – 0,00008 мм, что в тысячу раз тоньше человеческого волоса. По принципу действия термометр не отличается от известного медицинского термометра, но только вместо стеклянной трубки и ртути в нем используются графитовая нанотрубка и жидкий галлий; прибор обладает высокой точностью, правда, для считывания результатов измерений необходим электронный микроскоп.

Вот уже много лет температуру в наиболее распространенных термометрах показывает расширяющаяся при нагревании термометрическая жидкость (ртуть или органическая жидкость), помещенная в трубку с делениями. Удобнее всего ртутный термометр, и тому есть ряд причин. Ртуть непрозрачна, остается жидкой в широкой области температур, трудно испаряется при обычных температурах (спирт, например, легко испаряется в области «больших» температур и конденсируется в области «малых»), ртуть имеет большой краевой угол со стеклом, легко получается в чистом виде, при одном и том же повышении температуры расширяется меньше большинства жидкостей (важно отметить, что по

* При составлении раздела использованы источники [5, 9, 25, 31, 34, 38, 46, 53, 67, 91].

газовой шкале температур ртуть расширяется равномерно), обладает хорошей теплопроводностью и электропроводностью. Свойства ртути позволяют надежно проводить измерения от -39 до $+357^{\circ}\text{C}$ (термоампулы заполняются при атмосферном давлении), термометры с верхним пределом до $+500^{\circ}\text{C}$ заполняются при давлении 2,5 МПа, с верхним пределом до 750°C – при давлении до 10 МПа. К недостаткам ртути следует отнести ее высокую плотность и, конечно, токсичность.

Открытие термометра приписывают Галилео Галилею (1564-1642). Считается, что первый (воздушный) термометр был изобретен им около 1597 г. Однако инструмент, изготовленный Галилеем, представлял собой всего лишь термоскоп, т. е. он не имел никакой шкалы и обнаруживал лишь повышение или понижение температуры. В литературе высказывалось мнение, что к этому изобретению Галилей пришел благодаря работам древнегреческого инженера и ученого Герона, жившего в I в. в Александрии, творчество которого оказало серьезное влияние на научно-техническую мысль в Европе вплоть до эпохи Возрождения.

Известно, что в 1657-1667 гг. мастера из знаменитой *Academia del Cimento* («Академии опыта»), существовавшей во Флоренции в 1657-1667 гг., умели изготавливать ртутные термометры, которые, однако, не нравились академикам и не получили широкого распространения. В 1703 г. Гийом Амонтон (1663-1703) описал в мемуарах Парижской академии термометр, в котором измерялось не увеличение объема воздуха при нагревании, а его давление, для чего воздух запирался столбиком ртути (т. е. ртуть здесь использовалась в качестве индикатора).

Первый надежный ртутный термометр, внешне очень похожий на современный, в 1714 г. предложил немецкий физик Даниэль Габриэль Фаренгейт (1686-1736), который большую часть своей жизни прожил в Голландии, где работал стеклодувом и изготавливал физические приборы. Свои разработки ртутных термометров Фаренгейт начал под влиянием исследований Амонтона над расширением ртути. Следует отметить, что Фаренгейт был первым, кто занялся изготовлением термометров как промыслом, причем он умел изготавливать инструменты, показания которых хорошо согласовывались между собой. В сущности, именно с этого времени ртутный термометр начинает прочно входить в практику, хотя, например, Рене Антуан Реомюр (1683-1757) не одобрял использования ртути в качестве термометрической жидкости.

В России в первой половине XVIII в. весьма популярными были ртутные термометры французского астронома и географа, члена Парижской академии наук (с 1719 г.) Жозе Никола Делиля (1688-1768), которые затем уступили место термометрам Реомюра. В 1726-1747 гг. Делиль был членом Петербургской академии наук, директором астрономической обсерватории в Петербурге, в 1739-1740 гг. заведовал геогра-

фическим департаментом Петербургской АН. Ртутные термометры использовались участниками Великой Северной экспедиции для метеорологических наблюдений (в 1734 г. Петром Саломатовым – наблюдателем метеорологической станции в Томске – впервые было обнаружено явление замерзания ртути).

В XIX в. ртутными термометрами Реомюра оснащались российские метеостанции и обсерватории. Первым температурным эталоном в системе метеорологической службы России следует, очевидно, считать приобретенный Депо образцовых мер и весов в 1886 г. ртутный термометр Тоннелло № 4532, изученный в 1887 г. в Международном бюро мер и весов. Во второй половине XIX в. при Главной физической обсерватории функционировали мастерские, организованные Г.В. Вильдом, где изготавливались различные метеорологические приборы, в том числе термометры. До 1917 г. в России для измерения температуры наружного воздуха, в жилых помещениях и т. д. особенно широко использовались термометры Реомюра (в том числе ртутные). Лишь в 1930-х гг. они были окончательно вытеснены термометрами Цельсия.

Современник Фаренгейта Г. Бурхааве (Голландия) был первым врачом, который применил собственную модификацию термометра немецкого ученого для определения температуры тела больного. Тем не менее в клиническую практику термометрия входила с трудом. Еще в 1861 г. известный немецкий врач Карл Герхард (1833-1902) считал ее «слишком сложной процедурой» (прежде всего, из-за больших размеров термометра). В России успешное внедрение термометрии в клинику (с 1860 г.) тесно связано с деятельностью известного врача-терапевта, основоположника физиологического направления в клинической медицине С.П. Боткина (1832-1889). Максимальный термометр, т. е. тот, у которого столбик ртути не падает, когда его убирали у пациента, был введен в практику Эйткином в 1852 г., а современный вид медицинский термометр приобрел в 1870 г., когда его изготовил Клиффорд Олбат.

Использование ртути в термометрических приборах открывало возможность образования неокисленных электрических контактов, что привело к созданию термоэлектрических термометров и термометров сопротивления. Предложенный еще в начале XX в. российским академиком Н.С. Курнаковым (1860-1941) эвтектический сплав ртути с таллием (8,5% таллия) затвердевает при температуре менее -60°C , что обусловило его применение как термометрической жидкости в некоторых термометрах; добавка специальных лигатур позволяет изготавливать термометры с металлическими заполнителями для измерения температуры от -90°C . На протяжении практически всего XX столетия ртутные термометры были самыми распространенными приборами для измерения температуры в различных сферах человеческой деятельности.

Производство термометров и использование ртути

Ртутные термометры представляют собой приборы для измерения температуры, действие которых основано на изменении физических свойств металлической ртути, используемой в качестве термометрической жидкости. Для производства термометров применяется металлическая ртуть марок Р1 и Р2, отвечающая требованиям ГОСТ'a [12]. Существует несколько групп ртутных термометров, многие из которых изготавливаются в разном исполнении или в виде комплекта изделий.

В настоящее время в России единственным производителем ртутных термометров является ОАО «Термоприбор» (г. Клин Московской области) – правопреемник Клинского термометрового завода (КТЗ), который свою первую продукцию выпустил в 1956 г. (рис. 1). В лучшие годы КТЗ, где работало около 6 тыс. человек, серийно производил почти 160 наименований ртутных термометров, а также ртутные барометры и манометры, ртутные переключатели и выключатели, на изготовление которых расходовалось 100-140 т ртути в год (в 1990 г. – 93,2 т) [1]. В конце 1980-х гг. на заводе изготавливалось 33-35 млн. шт. в год ртутных медицинских термометров. Продукция завода импортировалась в 52 страны мира. С начала 1990-х гг. объемы производства и, соответственно, потребления ртути здесь постоянно снижались, но с конца 1990-х гг. они стали возрастать*.

Ассортимент выпускаемой ОАО «Термоприбор» продукции насчитывает более 150 наименований и более тысячи типоразмеров термометров, в которых в качестве термометрической жидкости используются ртуть или органическая жидкость, – медицинские, метеорологические, для испытания нефтепродуктов, лабораторные для сельского хозяйства, специальные, технические, бытовые, электроконтактные, термokonтакты. На заводе изготавливаются также защитные оправы для термометров, гранулят стекла для покрытия внутренней поверхности стальных труб и световой разметки автодорог.

* До 1954 г. ртутные термометры небольшими партиями производились на заводе «Точизмеритель» (Патриаршие пруды, г. Москва). Затем производство перевели в г. Клин [85]. С 1971 г. до конца 1990-х гг. производство ртутных термометров в России осуществлялось также на заводе «Стеклоприбор» (ныне ЗАО «ЕВРОГЛАСС») в пос. Голынки (Руднянский район Смоленской области). Здесь ежегодно использовалось до 19 т ртути. В быв. СССР в 1928-1947 гг. ртутные технические термометры изготавливались на фабрике «Термометр» (сперва в г. Харькове, с 1930 г. – в г. Полтаве; сейчас ОАО «Полтавский завод медицинского стекла») и на заводе «Актюбинскрентген» (г. Актюбинск).

В 1998-2002 гг. подавляющую часть ртути содержащей продукции ОАО «Термоприбор» составлял хорошо известный всем медицинский термометр; остальная часть приходилась на долю технических и специальных термометров (промышленных термометров). Производство ртутных барометров, ртутных манометров и ртутных переключателей на заводе в настоящее время прекращено (в связи с отсутствием спроса). Качество продукции, выпускаемой предприятием, гарантируется существующей системой поверки государственными поверителями. Производство некоторых термометров осуществляется по технологии ASTM; самая массовая продукция ОАО «Термоприбор» – медицинский термометр типа ТБ-1Б сертифицирован на соответствие стандартам качества и безопасности ЕС. Потребление ртути в 1998 г. составило более 15,3 т, в 2002 г. – превысило 25,6 т (табл. 1, 2).



Рис. 1. Схема расположения ОАО «Термоприбор» [84].

Согласно сведениям, предоставленным Администрацией ОАО «Термоприбор» (табл. 2), ртуть, механически теряемая в ходе технологических процессов изготовления термометров, аккумулируется в ловушках ртутной канализации, откуда извлекается форвакуумными насосами и затем – после соответствующей очистки – вновь возвращается в термометровое производство. Это утверждение в отношении определенной части механически теряемой и затем собираемой металлической ртути, безусловно, соответствует действительности*. В то же время

* С 1999 г. на Клинском термометровом заводе функционирует участок по переработке бракованных изделий, загрязненной ртутью стекломассы (так называемого стеклобоя), мягких (текстильных) отходов, демеркуризация которых осуществляется на модернизированных заводскими специалистами установках УРЛ-2м.

Таблица 1. Основные группы ртутных термометров, производимых в настоящее время ОАО «Термоприбор» [27, 39, 40]

Группы термометров	Назначение и краткая характеристика	Содержание Hg, г ¹
Медицинский максимальный (типа ТБ-1Б)	Для измерения температуры человеческого тела; снабжен максимальным приспособлением в виде специального щелевого пережима в нижней части капилляра, не допускающего перетекания ртути в резервуар после измерения температуры.	2 (с 2001 г. - 1,85 г)
Метеорологические (типа ТМ)	Для измерений, выполняемых главным образом на метеорологических станциях и постах; в зависимости от назначения изделия отличаются размерами, устройством, пределами измерений и ценой деления шкалы (для измерения температуры воздуха, почвы, воды и др.).	2-5
Лабораторные (типа ТЛ, ТР, КШ)	Для использования при выполнении лабораторных измерений и научных исследований; некоторые изготавливаются с вложенной шкалой неполного погружения, а также с конусными взаимозаменяемыми шлифами	1,4 - 48
Для испытания нефтепродуктов (типа ТИН, ТН, ТН-М)	Для измерения температуры при испытаниях нефтепродуктов в процессе их производства и использования	0,3 - 2,2
Для сельского хозяйства (типа ТС, УРИ и др.)	Для измерения температуры в лабораторных и производственных условиях различных отраслей сельского хозяйства и агропромышленного комплекса; изготавливаются с вложенной шкалой.	2 - 4
Технические (типа ТТ-П, ТТ-У, ТТ-МК)	Используются в различных отраслях промышленности; изготавливаются в двух исполнениях – прямые и угловые (нижняя часть последних изогнута под углом 90°).	3,9 – 5,8
Электроконтактные (типа ТПК, ТПИ, ТК, ТРК, ТЗК и др.)	Предназначены для сигнализации о заданной температуре и для включения и (или) выключения оборудования при достижении этой температуры; используются в системах для поддержания постоянной (заданной) температуры в промышленных, лабораторных, энергетических и других установках; изготавливаются термометры с переменной (устанавливаемой) температурой контактирования и с постоянной (заданной) температурой контактирования (термоконтакты); термоконтакты могут быть прямыми или угловыми, с одним или несколькими контактами, с подвижным контактом, виброустойчивые и др.	1,8 - 14,4
Специальные (типа СП, ТП)	Для измерения температуры в установках или оборудовании специального назначения (газоанализаторы, рефрижераторы, хлебопекарные печи и др.); могут быть прямыми и угловыми.	2,6 - 7,4

¹ Примерные пределы.

Таблица 2. Производство термометров, использование ртути и образование отходов на ОАО «Термоприбор» в 1998-2002 гг.¹

Год	Производство медицинских термометров			Производство прочих термометров			Общая масса Hg в продукции, кг
	Количество, шт.	Hg в продукции, кг	Содержание Hg в одном изделии, г	Количество, шт.	Hg в продукции, кг	Среднее содержание Hg в одном изделии, г	
1998	7 256 000	14 512	2	192 563	744,348	3,865	15 256,348
1999	8 430 550	16 861,1	2	197 428	783,166	3,967	17 644,266
2000	10 957 684	21 915,4	2	221 721	1 027,292	4,633	22 942,692
2001	11 695 500	21 636,7	1,85	280 322	2 397,314	8,552	24 034,014
2002	13 177 328	24 378,0	1,85	270 593	1 201,367	4,40	25 579,367

Продолжение табл. 2

Год	Выбросы ртути, кг		Стеклобой ²		Сточные воды ³			Мягкие отходы ⁵		Механически термоямая Hg ⁶	Hg, извлеченная из брака ⁷
	Уловлено адсорберами	Поступило в атмосферу	Масса, т	Hg, г/т	Объем, м ³ /год	Hg, мкг/л	Сброс Hg, кг	Масса, т	Hg, г/т		
1998	1,6	0,32	25,7	800	352000	?	?	2,75	20	?	?
1999	6,2	0,26	35,7	<2,1	330000	?	?	2,75	20	?	?
2000	6,43	1,4	48,7	<2,1	378000	?	?	2,75	20	?	?
2001	6,97	1,4	49,7	<2,1	378000	1,6	0,605	2,75	20	?	?
2002	7,1	7,1	55,3	<2,1	351000	2,2	0,772	2,75	20	?	?

¹ Приведены первичные данные, предоставленные Администрацией ОАО «Термоприбор»; ² с 1999 г. на заводе работают установки по демеркуризации ртутных отходов (обезвреженный стеклобой вывозится на городскую свалку; ранее загрязненный стеклобой размещался на заводском полигоне отходов, который в настоящее время не функционирует); ³ растворенные формы ртути (прочая ртуть аналитической лабораторий предприятия не определяется); ⁴ сведения с пометкой «подтвержденных данных нет» (далее использовались расчетные данные); ⁵ хлопчатобумажная ткань, вата и т. п. (демеркуризируются, затем, очевидно, вывозятся на городскую свалку); ⁶ сведения с пометкой: «металлическая ртуть улавливается ртутными ловушками и возвращается в производство»; ⁷ сведения с пометкой: «брак демеркуризируется, образовавшаяся ртуть возвращается в производство» (доля брака, если ориентироваться на количество образующегося стеклобоя, достаточно велика и, судя по всему, составляет до 15-20% от общего производства термометров – это порядка 1,2-2,6 млн. шт. изделий в год в рассматриваемый период; важно подчеркнуть, что на ОАО «Термоприбор» - по технологическим причинам - проходит испытание и проверку каждый изготовленный термометр, в отличие, например, от термометров, поставляемых в Россию из Китая, где тестированию подвергается одно изделие из 1000).

утверждение, что «брак и мягкие отходы демеркуризируются, а образовавшаяся ртуть возвращается в производство» (см. табл. 2), вызывает сомнение. Тем не менее в дальнейших расчетах будем исходить из того, что модернизированные заводскими специалистами демеркуризационные установки УРЛ-2м позволяют из всех отходов производства получать вторичную ртуть, которая затем вновь поступает в технологический процесс.

Особенности технологического процесса изготовления термометров и основные источники эмиссии ртути

Изготовление термометров представляет собой массовое (конвейерное) или серийное производство. В обоих видах производства в основу организации технологического процесса положены целенаправленные дифференциация, отделение ртутных работ от нертутных и механизация первых из них. На Клинском заводе для этих целей существует механизированный ртутный комплекс, включающий участок очистки ртути, транспортировку ее к установкам наполнения термометров ртутью, собственно вакуумные установки высокой производительности (ВУНР). Основное технологическое оборудование, используемое для производства ртутных термометров, в свое время было разработано и изготовлено непосредственно на КТЗ (автоматические стеклоформирующие машины для изготовления деталей и сборки заготовок термометров, высокоточные термостаты для отметки основных точек шкал, ВУНР и др.). На производимые на предприятии ртутные термометры существуют технические условия (ТУ) предприятия и ГОСТы [13-24, 39]. Как уже отмечалось, некоторые термометры соответствуют стандартам ASTM.

Производство ртутных термометров на ОАО «Термоприбор» сосредоточено в так называемом ртутном корпусе, где в настоящее время функционируют участок очистки ртути, цех медицинских термометров и цех промышленных термометров (рис. 2). В общем случае процесс производства ртутных термометров состоит из трех этапов. Первый этап включает очистку ртути, второй – изготовление стеклянной части термометров (колб и капилляров) и наполнение капилляров ртутью, третий – градуирование шкалы (термостатирование).

Собственно изготовление термометров начинается в стекловаренном цеху с изготовления колб и капилляров. Как правило, этот цех работает несколько месяцев в году, выпуская указанные части термо-

метров впрок, обычно примерно на год вперед. Стекланные части термометров, изготовленные из особых сортов стекла, подвергают специальной термической обработке (так называемому «старению»), устраняющей смещение нулевой точки шкалы, связанное с многократным повторением нагрева и охлаждения прибора.

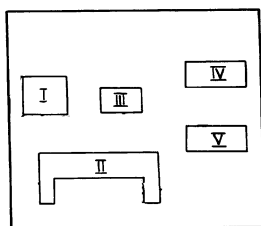


Рис. 2. Схема территории ОАО «Термоприбор»

Корпус: I - стекловаренный; II - ртутный; III - санитарной очистки отходящих газов; IV - экспериментальный; V - заводоуправление

На участке очистки металлическая ртуть поступает в особую емкость, откуда по трубопроводу подается в ванну химической очистки, далее, также по трубопроводу, идет на вакуумную дистилляцию и затем на фильтрацию, которая производится с использованием системы фильтров, позволяющей осуществлять тонкую очистку металла. После соответствующей подготовки металлическая ртуть по трубопроводу (применяются насосы) подается в цех изготовления термометров, где поступает в особые приемные емкости, расположенные в отделении наполнения термометров. Из приемных емкостей определенное количество металла (до 150 кг) самотеком поступает в ВУНР, затем незначительная часть ртути используется для одновременного наполнения нескольких тысяч капиллярных трубок (термоампул) термометров; остальной металл возвращается по трубопроводу на участок очистки (для повторения рассмотренного выше цикла). В середине 1980-х гг. (в наиболее активный период деятельности Клинского завода) количество такой оборотной ртути, ежедневно участвующей в технологическом процессе, достигало 8 т.

В ходе изготовления термометров манипуляции с металлической («открытой») ртутью сводятся к следующим операциям: наполнение термоампул (капилляров) ртутью, удаление излишних количеств ртути, проверка масштаба, отпайка капилляров и цикл градуировочных операций, построенных по принципу подборки готовых шкал по масштабу термометров. Важнейшими операциями технологического процесса являются припаивание друг к другу различных стеклянных заготовок термометра и непрерывная калибровка получившихся изделий, каждое из которых, в сущности, уникально. Именно поэтому на заводе испытание и поверку проходит каждый термометр. Дело в том, что изготовленные стеклянные капилляры обычно незначительно (на микрометры) отличаются друг от друга по диаметру и по форме; кроме того, диамет-

ры капиллярных переходов также непостоянны. Поскольку в каждом капилляре ртутный столбик расширяется по-разному, то на полуготовые термометры, стоящие в специальном термостате с нагретой до +37°C водой, вручную (поскольку ртуть поднимается до разного уровня) наносят первую реперную метку. Далее в другом термостате ртутный столбик фиксируется в состоянии +41°C, а уже затем по длине промежутка в четыре градуса подбирается шкала. Таких шкал на Клинском заводе 54; каждая представлена в шести вариантах – в зависимости от ширины и длины алюминиевой полоски, на которой она напечатана. Итого получается 324 разновидности медицинских термометров [85].

Проверку термометров производят в жидкостной ванне, состоящей из бака, внутри которого находится нагревательное или охлаждающее устройство, циркуляционный насос или пропеллерные мешалки, а также теплоизоляция. Изделия погружают в жидкостную ванну сверху, осуществляют нагрев, затем охлаждение. Температуру регулируют с помощью контактного термометра (полупроводникового термометра сопротивления). После проверки кондиционные изделия поступают на склад готовой продукции; бракованные термометры, загрязненная ртутью стеклянная масса (так называемый «ртутный стеклобой», т. е. остатки разбитых в ходе технологических процессов стеклянных капилляров термометров) и другие ртутьсодержащие отходы направляются на участок утилизации. Согласно технологическим условиям, в ртутном цеху Клинского завода два раза в день разливается демеркуризационный раствор (содержащий перманганат калия).

Технические операции с открытой ртутью неизбежно сопровождаются поступлением ее паров в воздух производственных помещений. По сведениям [57], в первой половине 1990-х гг. уровни содержания паров ртути в воздухе рабочих помещений ОАО «Термоприбор» находились в пределах 0,02-0,05 мг/м³. В последние годы в 25 точках ртутного корпуса примерно раз в неделю осуществляются контрольные измерения концентраций паров ртути (всего около 1300 измерений в год); обычно в 10-20% случаев уровни паров ртути превышают их максимально разовую ПДК (предельно допустимую концентрацию) в рабочей зоне*. Очевидно, что такая ситуация достаточно типична для производства ртутных термометров. Например, по данным Центра Госсанэпиднадзора по Смоленской области, в «ртутном» цехе упомянутого выше завода в Голынках при оптимальной температуре воздуха (16-24°C) концентрации паров ртути в 3 раза выше ПДК наблюдались только при осуществлении 5 технологических операций из 20.

* ПДК (максимальная) паров металлической ртути в воздухе рабочей зоны составляет 0,01 мг/м³, ПДК (среднесменная) – 0,005 мг/м³.

В 1964 г. на Клинском заводе был пущен в эксплуатацию цех очистки вентиляционных выбросов от паров ртути, основу которого составляют несколько адсорберов (в каждом из них размещено до 36 т пиролюзитовой руды). До его открытия очистке подвергались только вентиляционные выбросы из цехов, где осуществлялись работы с открытой ртутью, после строительства указанного цеха сюда стали поступать все выбросы производства [41]. Основной выброс цеха очистки вентиляционных выбросов осуществляется через трубу высотой 62 м. В настоящее время, если ориентироваться на данные табл. 2, эффективность работы адсорберов составляет в среднем 83%. Следует отметить, что наполняющий адсорберы пиролюзит никогда не заменялся; имеются сведения, что он только лишь периодически взрыхляется. Судя по всему, к настоящему времени в адсорберах накопилось значительное количество ртути (несколько тонн?). Выброс ртути в атмосферу (после очистки) в середине 1980-х гг. составлял 150-190 г в сутки (55-69 кг/год), а концентрации ее паров на выходе достигали 0,05-0,1 мг/м³ [35].

В ходе изготовления термометров неизбежны механические потери металлической ртути, часть которой аккумулируется в ловушках ртутной канализации, откуда она, как уже говорилось, извлекается форвакуумными насосами и затем направляется в особую емкость (после химической очистки, дистилляции и фильтрации металл вновь возвращается в производство).

Заводы по изготовлению термометров потребляют достаточно большие объемы свежей воды (до 1000 м³/сут), которая, в частности, расходуется на системы кондиционирования воздуха и вентиляцию [58]. Обычно сточные воды термометрового производства отличаются высоким содержанием пыли (твердых взвешенных веществ), активно сорбирующей ртуть и способствующей ее миграции в канализационную сеть. В канализационную сеть также уходит существенное количество мелкодисперсной металлической ртути, не улавливаемой ловушками ртутной канализации. Твердые отходы производства термометров представлены в основном стеклобоем («чистой» и загрязненной ртутью стеклянной массой). Кроме того, образуются также «мягкие» (текстильные) отходы (используемые вата, хлопчатобумажная ткань и т. п.).

Эмиссия ртути при производстве термометров

Оценка баланса использования металлической ртути на приборостроительных заводах Советского Союза, выполненная в конце 1980-х гг. специалистами ВИВР Госнаба СССР (основное потребление ртути в

приборостроении тогда приходилось на производство термометров), показала [1], что в ходе технологических процессов на указанных заводах примерно 97,38 % используемого металла поступало в конечную продукцию (в изделия), 1,97% – приходилось на вторичную ртуть, вновь возвращаемую в производство (ртуть, извлекаемая из ртутных ловушек, из бракованных изделий и т. д.), а 0,65% – составляли безвозвратные потери ртути. Поскольку за последние годы кардинальных изменений в технологии производства ртутных термометров на ОАО «Термоприбор» не произошло, то указанные данные вполне могут использоваться для необходимой корректировки предоставленных его Администрацией первичных статистических сведений и расчета баланса современного использования и технологических потерь ртути на указанном предприятии (табл. 3).

Таблица 3. Использование ртути в производстве ртутных термометров на ОАО «Термоприбор» в 1998-2002 гг., кг ¹

Год	Ртуть в конечной продукции (97,38%+1,97%=99,35%) ²	Общие технологические потери ртути (=0,65%) ³	Общая масса использованной ртути (=100%) ⁴
1998	15256	100	15356
1999	17644	115	17760
2000	22943	150	23093
2001	24034	157	24191
2002	25579	167	25747

¹ Приведены округленные значения; ² официальные сведения, предоставленные Администрацией ОАО «Термоприбор» (см. табл. 2); ³ интересно отметить, что по данным [37], в первой половине 1990-х гг. Клинский завод термометров ежегодно выбрасывал в окружающую среду до 100 кг ртути; ⁴ уточненные данные (с учетом выше приведенного баланса использования ртути).

В табл. 4 приведен расчетный баланс распределения общих технологических потерь ртути при изготовлении ртутных термометров на ОАО «Термоприбор». Так называемые неучтенные потери, которые по каким-то причинам не нашли отражение в официальной статистике предприятия (см. табл. 2), представляют собой, во-первых, потери металла в канализацию (главным образом в виде мелкодисперсной металлической ртути, не улавливаемой ловушками ртутной канализации, а также с взвесью сточных вод, активно сорбирующей ртуть), во-вторых, – неорганизованные выбросы паров металлической ртути в воздух рабочих помещений, которые поступают через дверные и оконные проемы в атмосферу, сорбируются строительными конструкциями, стенными покрытиями, различными материалами и оборудованием, одеж-

дой рабочих и т. д. Сведения, полученные на других предприятиях, прежде всего, на заводах по изготовлению ртутных ламп, (использовались имеющиеся у автора фактические данные, а также его расчеты, основанные на материалах Н.А. Степанова [56]), где общий характер движения ртути в ходе технологических процессов в существенной мере аналогичен рассмотренному выше, свидетельствуют о том, что до 95% неучтенных потерь приходится на потери металла в канализацию (в виде мелкодисперсной ртути и в составе взвеси сточных вод), а остальная их часть формируется за счет дегазации ртути и поступления в воздух ее паров. Это позволяет детализировать баланс распределения ртути в ходе технологических процессов изготовления ртутных термометров (табл. 5). Тот факт, что значительное количество ртути теряется именно в канализацию, подтверждается следующими данными.

Сточные воды ОАО «Термоприбор» по канализационной сети (протяженность ее около 2 км) поступают на городские очистные сооружения, где совместно с бытовым стоком г. Клина подвергаются очистке, в ходе которой образуются осадки сточных вод (ОСВ), первоначально складываемые на иловых картах (площадках). Среднее содержание ртути в ОСВ г. Клина очень велико и в середине 1980-х гг. составляло 220 мг/кг [2]. Принято считать, что интенсивность образования ОСВ (на сухое вещество) на городских очистных сооружениях достигает 80 г на одного городского жителя в сутки [26]. В г. Клину проживает около 92,8 тыс. чел. [8]. Расчеты показывают, что на общегородских очистных сооружениях ежегодно образуется не менее 2800 т ОСВ, в которых в середине 1980-х гг. концентрировалось не менее 620 кг ртути в год, в основном поступающей со стоком завода термометров. Поскольку в то время потребление ртути на Клинском заводе термометров достигало 130 т/год (т. е. было в 5 раз больше, чем, например, в 2001 г.), то потери ртути в канализацию, если исходить из их структуры, приведенной в табл. 5, составляли порядка 755 кг/год. Можно предположить, что при уменьшении потребления ртути до уровня 2001 г. (т. е. до 24,191 т) ее потери также пропорционально уменьшатся и составят 141,6 кг, что практически равно расчетному количеству современных потерь ее в канализацию (см. табл. 5). Следует отметить, что это минимальные оценки, поскольку, как отмечено выше, на очистные сооружения г. Клина поступает не только бытовой сток, но и промышленные сточные воды, при очистке которых среднее удельное количество образующих ОСВ примерно в 2 раза больше [26]. Если исходить из того, что на общегородские очистные сооружения г. Клина поступает порядка 30 тыс. м³ сточных вод в сутки (~ 11 млн. м³/год), то при среднем удельном количестве образующихся при их очистке ОСВ в 400 г/м³ (согласно [26]) общая масса последних будет составлять порядка 4400 т в год.

Таблица 4. Баланс распределения общих технологических потерь ртути при производстве термометров на ОАО «Термоприбор»

Год	Общие потери ртути, кг	Основные виды потерь ртути (общие потери = 100%)									
		Уловлено адсорберами ¹		Выброшено в атмосферу ¹		Стеклобой ¹		Со сточными водами ¹		Неучтенные потери ²	
		кг ³	%	кг ³	%	кг ³	%	кг ³	%	кг ¹	%
1998	100	1,6	1,6	0,3	0,3	20,6	20,6	0,7	0,7	76,8	76,8
1999	115	6,2	5,4	0,2	0,2	0,1	0,1	0,6	0,5	107,8	93,8
2000	150	6,5	4,3	1,4	0,9	0,1	0,1	0,7	0,5	141,3	94,2
2001	157	6,9	4,4	1,4	0,9	0,2	0,1	0,6	0,4	147,9	94,2
2002	167	7,0	4,2	1,4	0,8	0,2	0,1	0,8	0,5	157,6	94,4

¹ Рассчитано на основе данных, предоставленных Администрацией завода (см. табл. 2); ² потери в канализацию (мелкодисперсная металлическая ртуть сорбированная на взвеси сточных вод ртути) и неорганизованные выбросы паров ртути в атмосферу, их сорбция строительными конструкциями, одеждой рабочих и т. д.; ³ приведены округленные (до первой после запятой цифры) значения.

Таблица 5. Баланс распределения ртути при производстве термометров на ОАО «Термоприбор» (общее потребление = 100%)

Год	В готовую продукцию (99,35%), кг	Общие технологические потери ртути (0,65%), в том числе:									
		Уловлено адсорберами		Выброшено в атмосферу		Стеклобой		Сточные воды		Ушло в канализацию ¹	
		кг ²	%	кг ²	%	кг ²	%	кг ²	%	кг ²	%
1998	15256	1,6	0,01	0,3	0,002	20,6	0,134	0,7	0,004	73,0	0,48
1999	17644	6,2	0,034	0,3 ³	0,002	0,1	0,0006	0,6	0,0034	102,4	0,58
2000	22943	6,4	0,028	1,4	0,006	0,1	0,0004	0,7	0,0031	134,2	0,58
2001	24034	7,0	0,029	1,4	0,006	0,1	0,0004	0,6	0,002	140,5	0,58
2002	25579	7,1	0,028	1,4	0,005	0,1	0,0004	0,8	0,003	149,7	0,58

¹ Мелкодисперсная металлическая ртуть, не улавливаемая ртутными ловушками, и ртуть, сорбированная на взвеси сточных вод; ² приведены округленные (до первой после запятой цифры) значения; ³ согласно [29], в 1999 г. в районе г. Клина в атмосферном воздухе пары металлической ртути службами экологического мониторинга не обнаруживались, что косвенно свидетельствует о ее незначительной эмиссии в атмосферу.

Таким образом, количество образующихся ОСВ на очистных сооружениях города находится в интервале 2800-4400 т/год, а интервальная оценка массы ртути, аккумулированной в ОСВ г. Клина, составляет в середине 1980-х гг. 620-970 кг; в 2001 г. – 142-223 кг.

Есть сведения, что за период 1957-1993 гг. Клинский завод термометров выбросил в окружающую среду не менее 35 т ртути, из которых 20 т поступило в атмосферу [61]. Если с первой цифрой вполне можно согласиться, то с утверждением, что большая часть ртути поступила в атмосферу, вряд ли, поскольку основные технологические потери металла при изготовлении термометров связаны с его поступлением в канализацию, а не с выбросами в атмосферу, которые обычно не превышают 10% общих безвозвратных потерь ртути.

К настоящему времени определенное количество ртути (первые тонны?), поступавшей в течение почти 50 лет функционирования завода в канализацию, накопилось непосредственно в канализационной сети (на участке от завода термометров до городских очистных сооружений). Кроме того, в составе очищенных сточных вод ртуть поступала (и продолжает поступать) с очистных сооружений г. Клина в р. Сестру, что, в частности, обусловило ее накопление в речных отложениях.

В табл. 6 приведены расчетные оценки эмиссии ртути в среду обитания в ходе изготовления ртутных термометров на ОАО «Термоприбор», подавляющая часть которой приходится на безвозвратные потери металла в канализационную сеть. Еще раз следует отметить, что все выше приводимые оценки, судя по всему, являются минимальными, хотя, видимо, с высокой долей вероятности отражают реальный порядок величин.

Таблица 6. Эмиссия ртути на ОАО «Термоприбор» (общие безвозвратные потери = 100%)¹

Год	Общие безвозвратные потери, кг ²	В том числе:					
		В атмосферу ³		В почву (на свалку) ⁴		В канализацию ⁵	
		кг	%	кг	%	кг	%
1998	98,4	4,1	4,2	20,6	20,9	73,7	74,9
1999	108,8	5,7	5,2	0,1	0,1	103	94,7
2000	143,5	8,5	5,9	0,1	0,1	134,9	94,0
2001	150,1	8,8	5,9	0,2	0,1	141,1	94,0
2002	160	9,3	5,8	0,2	0,1	150,5	94,1

¹ Приведены округленные (до первой после запятой цифры) значения; ² без учета ртути, уловленной адсорберами цеха очистки выбросов; ³ суммарный организованный и неорганизованный выброс паров ртути; ⁴ стеклобой, вывозимый на городскую свалку отходов (с 1999 г. - после демеркуризации); ⁵ главным образом мелкодисперсная металлическая ртуть, не улавливаемая ловушками ртутной канализации, и ртуть, сорбированная взвесью сточных вод.

По данным [90], в 1995 г. потери ртути при производстве ртутных термометров в США составили 9 кг на 1 т использованного в технологических процессах металла; на Клинском термометровом заводе этот показатель в последние годы оценивается примерно в 6,2 кг.

Профессиональное воздействие ртути

Заболевания, вызванные ртутью или ее токсичными соединениями, являются классическими профессиональными заболеваниями и в большинстве стран подлежат регистрации и квалифицируются как требующие соответствующей компенсации [29]. Согласно экспертам ВОЗ [29], ожидаемое влияние на здоровье элементарной ртути касается только профессиональных воздействий при концентрации паров ртути в воздухе производственных помещений в 50 мкг/м^3 при 8-часовом рабочем дне и 225 рабочих днях в году. Эквивалентные уровни ртути в воздухе окружающей среды при постоянном воздействии, обеспечивающие такую же степень риска, должны составлять приблизительно 15 мкг/м^3 . Естественно, что в каждом конкретном случае значение имеют индивидуальная чувствительность человека, условия и факторы среды обитания.

В условиях промышленного изготовления ртутных термометров основное воздействие ртути на здоровье рабочих связано главным образом с влиянием ее паров, в повышенных концентрациях присутствующих в воздухе производственных помещений. Тем не менее в доступной литературе, особенно за последние 15-20 лет, очень мало конкретных сведений о профессиональном воздействии ртути на работников заводов по производству ртутных термометров. Обычно лишь сообщается, что изготовление ртутных термометров может сопровождаться негативными воздействиями повышенных ($50\text{-}100 \text{ мкг/м}^3$) концентраций паров ртути в воздухе помещений и приводить к развитию у рабочих хронической интоксикации [4, 29, 55].

Проведенное в 1983 г. в США обследование 94 работников завода по производству ртутных термометров показало [10], что у пяти человек концентрации ртути в моче превышали 150 мкг/г креатинина, а у трех рабочих они были выше 300 мкг/г креатинина. Индивидуальный отбор проб воздуха обнаружил уровни воздействия паров ртути в $26\text{-}271 \text{ мкг/м}^3$. В Италии были обследованы 17 рабочих (11 мужчин и 6 женщин) одного из итальянских предприятий по производству ртутных термометров, которые имели контакт с открытой металлической ртутью продолжительностью от 1 до 40 лет; содержания ртути в моче составляли $137\text{-}1753 \text{ мкг/л}$, в крови – $17\text{-}57 \text{ мкг/100 мл}$ [95, 96]. Установлено, что

ни один из работников не предъявлял жалоб, которые могли бы свидетельствовать о клиническом поражении центральной нервной системы или периферических нервов. Детальное электрофизиологическое обследование рабочих выявило у 88% из них субклиническую нейропатию дистального аксонального типа. Наиболее значительно были изменены амплитуды мышечного потенциала действия, скорость проведения по двигательным волокнам икроножного нерва, Н-рефлекс и Н-индекс. Какой-либо значимой корреляции между выраженностью нейропатии и концентрацией ртути в моче и крови, а также длительностью ее воздействия установлено не было. У 25 мужчин и 29 женщин, работавших на заводе по производству термометров в Японии, определяли содержание ртути и селена в эритроцитах, плазме крови и моче [94]. Было установлено, что показатели статуса селена (концентрации в эритроцитах, плазме крови и моче) коррелировали между собой, как и показатели воздействия ртути (ее содержание в эритроцитах, плазме крови и моче). Поскольку концентрация ртути в плазме крови была одним из значимых независимых показателей, определявших содержания селена в эритроцитах и плазме крови, авторы делают вывод об определенном влиянии паров ртути на метаболизм селена у рабочих. Однако ни один из показателей статуса селена не был детерминирующим для показателей воздействия паров ртути.

По данным Администрации ОАО «Термоприбор», на Клинском термометровом заводе, по крайней мере в последние несколько лет, не регистрировались случаи профессиональных заболеваний и отравлений работников, вызванные негативным воздействием паров металлической ртути. Возможно, что данное производство в силу различных причин (включая особенности организации технологического процесса, суточного и годового режима работы, профилактических мероприятий и др.) действительно не сопровождается резким и главное видимым проявлением хорошо известных признаков и симптомов негативного воздействия ртути на организм людей, обычно используемых для диагностики хронической ртутной интоксикации. Это, очевидно, предопределяет необходимость целенаправленных и углубленных исследований состояния здоровья рабочих указанного предприятия в связи с возможным влиянием на них ртути. (В настоящее время в ОАО «Термоприбор» работают более 1600 человек.)

Исследования, выполненные в первой половине 1980-х гг., показали, что дети работников Клинского завода термометров отличались более высокими (в 1,3-1,5 раза) концентрациями ртути в моче, нежели дети, родители которых работали на других предприятиях г. Клина (табл. 7). Это указывает на привнос ртути родителями (на одежде и обуви) в исследуемый период в жилые помещения. Подобный путь поступ-

ления ртути в жилые помещения достаточно широко распространен во многих промышленных городах, где существуют «ртутные» производства [29, 68-70].

Таблица 7. Содержание ртути в моче детей г. Клина [25, 26]

Расстояние от КТЗ, км	Дети работников:	Количество обследованных детей	Ртуть, мкг/л
1,0	Термометрового завода	43	2,02
	Других предприятий города	24	1,56
4,0	Термометрового завода	104	1,86
	Других предприятий города	100	1,44
20,0	Сельская местность (местный фон)	47	0,87

Известны случаи, когда дети рабочих, занятых в производстве термометров, подвергались значительному воздействию ртути [88]. Так, авторы цитируемой работы установили, что средний уровень ртути в моче 23 детей рабочих термометрового завода достигал 25 мкг/л (у 39 человек контрольной группы он составлял всего лишь 5 мкг/л). У троих детей работников термометрового производства уровни ртути в моче превышали 50 мкг/л, а у одного – концентрации ртути были более 100 мкг/л. Уровни паров ртути в воздухе домов рабочих в среднем составляли 0,24 мкг/м³ (в домах людей, не работающих на термометровом заводе и не контактирующих с ртутью, – 0,05 мкг/м³).

Таким образом, с эколого-гигиенической точки зрения в г. Клину проживает особая группа населения – члены семей рабочих, длительное время профессионально контактирующих с ртутью. Этот контингент людей представляет собой группу повышенного экологического риска, предрасположенную в силу указанных причин к развитию у них так называемых парaproфессиональных заболеваний, т. е. заболеваний, которые вызываются среди членов семей различными поллютантами, приносимыми с работы в жилые помещения (на одежде, обуви и т. п.). Безусловно, необходимо проведение специальных исследований по гигиенической оценке указанного воздействия ртути на рабочих и членов их семей в настоящее время.

Ртуть в окружающей среде в зоне влияния производства термометров

Исследования распределения ртути в различных компонентах окружающей среды в зоне влияния ОАО «Термоприбор», выполненные в

середине 1980-х гг. [44, 45, 52], показали, что воздействие выбросов завода на окружающие территории и состояние атмосферного воздуха достаточно локально. Как правило, наиболее высокие концентрации ртути в воздухе, пыли, осаждаемой со снегом, и в почвах наблюдались непосредственно на территории предприятия и его (ныне законсервированной) свалки отходов.

Так, газо-ртутные наблюдения установили, что дальность распространения ртути, поступающей с организованными и неорганизованными выбросами завода термометров, относительно четко прослеживалась на 2-3 км. Уровни содержания паров металлической ртути превышали ПДК для воздуха населенных мест, равную $0,3 \text{ мкг/м}^3$, только в пределах промышленной площадки завода, в непосредственной близости от него они снижались до $0,25 \text{ мкг/м}^3$, а на удалении в 750-1000 м уже находились практически на уровне местного фона, варьируясь в пределах $0,010\text{-}0,025 \text{ мкг/м}^3$ [44]. За пределами промышленной площадки Клинского термометрового завода повышенные уровни паров ртути в приземном слое атмосферного воздуха отмечались в основном на территории заводской свалки отходов.

Л.С. Соколов [52] установил, что поведение паров металлической ртути в воздухе в зоне влияния Клинского завода термометров характеризуется специфическими особенностями (рис. 3).

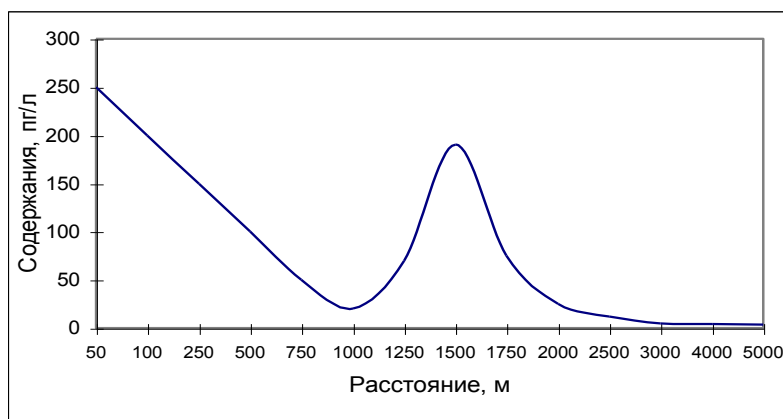


Рис. 3. Распределение паров ртути в приземном слое атмосферного воздуха в зоне влияния Клинского завода термометров [52].

В частности, в направлении ветрового переноса в приземном слое атмосферного воздуха было зафиксировано два максимума содержаний

паров ртути. Первый из них расположен непосредственно на границе заводской территории и, по мнению автора цитируемой статьи, связан с воздействием локальных источников эмиссии ртути в атмосферу (оконные вентиляторы, загрязненные почвы и т.д.), т. е. с влиянием главным образом неорганизованных выбросов металла. Второй максимум установлен на расстоянии около 1,5 км от завода в так называемой зоне раскрытия дымового факела, находящей в данном случае на расстоянии, превышающего примерно в 25 раз высоту трубы, через которую осуществляется организованный выброс завода. Кстати, именно в этой зоне к западу от завода термометров, по направлению преимущественных ветров, расположено детское дошкольное учреждение, которое посещают дети работников завода. В ближней к заводу зоне содержания паров ртути в воздухе выше летом, в удаленной - зимой. Очевидно, что летом (при более высоких температурах воздуха) происходит увеличение неорганизованных выбросов ртути, в том числе, за счет повышенной дегазации ее из строительных конструкций, почвогрунтов и т. д.

Изучение особенностей концентрирования ртути в пыли, осаждаемой со снегом, пробы которого в районе Клинского завода термометров отбирались через 250 м по двум профилям: широтному, протяженностью около 10 км, и субмеридиональному, протяженностью около 5 км, показали следующее (рис. 4). Так, максимальные уровни содержания ртути в снеговой пыли (0,63 мг/кг) наблюдались только вблизи предприятия. С удалением от него на запад содержание ртути в снеговой пыли резко снижалось и через 2 км достигало уровня местного фона (не более 0,15 мг/кг). По направлению на восток от завода, в сторону г. Клина, концентрации ртути в снеговой пыли также уменьшались, но менее значительно, что, очевидно, было обусловлено преимущественно северо-западным переносом воздушных масс. С удалением от КТЗ на юг (примерно на 1 км) содержания ртути в пыли, осаждаемой со снегом, резко снижались (до 0,094 мг/кг), но в районе заводской свалки (ртутного полигона, ныне законсервированного) закономерно и существенно возрастали (до 0,62 мг/кг).

Исследования распределения ртути в почвах, отбор проб которых в окрестностях Клинского завода термометров осуществлялся по сетке 300 x 300 м (площадь опробования 9 км²) [44], показали, что наиболее высокие уровни металла характерны для почвогрунтов промышленной зоны завода, где они достигали 25 мг/кг (ПДК ртути в почвах = 2,1 мг/кг; региональный фон – 0,012 мг/кг), а также для почвогрунтов заводской свалки отходов (20 мг/кг) и почв у дороги, ведущей к ней (0,9 мг/кг). Общая масса ртути, аккумулированная в верхнем слое (10 см) почвогрунтов промзоны завода, очень грубо может быть оценена в 0,6-0,7 т (площадь промзоны 20 га, удельный вес грунтов ~1,5, содержание ртути

~25 мг/кг). За пределами заводской территории и свалки отходов содержания ртути в почвах, превышающих ПДК, обнаружено не было. Тем не менее даже на удалении в 1 км от Клинского завода термометров концентрации ртути в верхнем слое почв заметно превышали фоновые уровни (табл. 8).

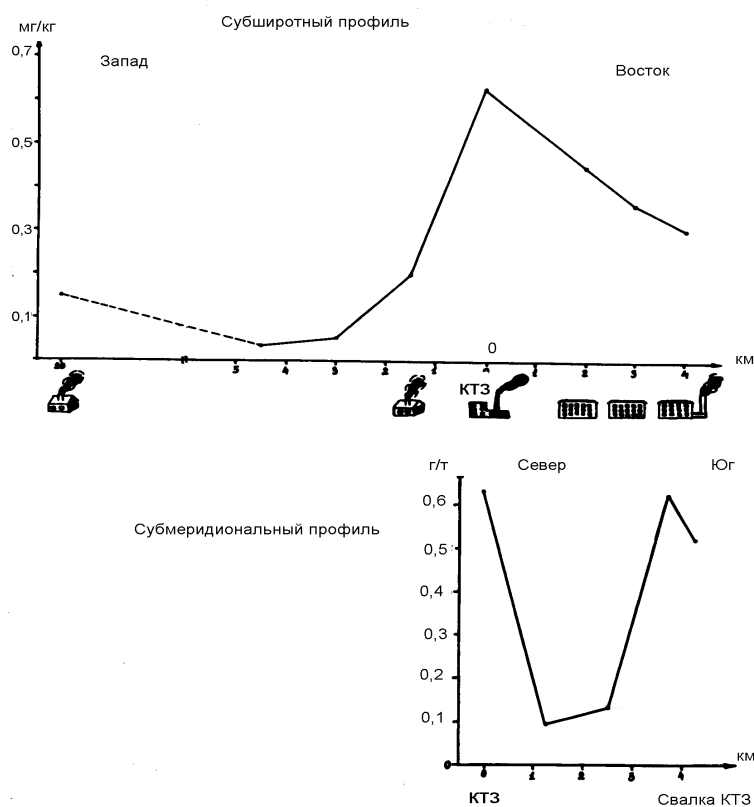


Рис. 4. Распределение ртути в пыли, осаждаемой со снегом, в окрестностях Клинского завода термометров (КТЗ) [44].

Таблица 8. Ртуть в почвах в зоне влияния Клинского завода термометров [52]

Горизонт отбора проб, см	Расстояние от завода и концентрации ртути, мг/кг			
	0,1 км	0,3 км	1 км	Местный фон
0-5	0,48	0,30	0,20	0,06
10-15	0,32	0,12	0,11	0,08
25-30	0,30	0,12	0,11	0,12

Показательно, что в районе завода уровни содержания паров ртути в припочвенной атмосфере заметно превышали (примерно в 2 раза) ее концентрации в приземной атмосфере [61], что указывает на роль почв как вторичного источника загрязнения. Повышенные концентрации ртути установлены также в траве. В водах р. Сестры (в 5 км к северу-востоку от пос. Ямуга) содержания ртути, по данным [61], достигали 1,182 мкг/л; типичные фоновые концентрации ртути (растворенные формы) в водах рек Подмосковья находятся в пределах 0,036-0,063 мкг/л [74]. Имеющиеся единичные и чрезвычайно разрозненные данные свидетельствуют об интенсивном концентрировании ртути в донных отложениях р. Сестры в зоне влияния г. Клина. Так, выборочные исследования показывают, что в донных отложениях р. Сестры ниже г. Клина концентрации ртути достигают, по одним сведениям – 1,55 мг/кг [60], по другим – 5-9 мг/кг [52], что многократно выше фоновых уровней этого металла в русловом аллювии незагрязненных рек. Например, для Московской области типичное фоновое содержание ртути в русловых отложениях малых рек варьируется в пределах 0,01-0,03 мг/кг [71, 72, 75]. По [36], уровни содержания ртути в донных отложениях р. Сестры варьируются в пределах 0,01-2,29 мг/кг. По данным Ю.Г. Тация (личное сообщение), концентрации ртути в отложениях р. Сестры на участке от очистных сооружений до устья реки находятся в пределах 0,22-6,14 мг/кг. По сведениям [75а], уровни содержания ртути в донных отложениях р. Сестры на участке выше г. Клина находились в пределах 0,4-0,9 мг/кг, ниже города (ниже места сброса сточных вод) они достигали 26,4 мг/кг (т. е. в сотни раз выше фона для рек Московской области), варьируясь в пределах 0,4-27,3 мг/кг на участке от г. Клина до устья р. Сестры.

Поскольку эффективность очистки сточных вод на городских сооружениях от ртути, которая в существенной мере поступает сюда во взвешенных формах и в виде мелкодисперсной металлической ртути, вряд ли превышает 90% (реально не выше 50%, поскольку, что хорошо известно [36], очистные сооружения г. Клина практически всегда работали с перегрузкой; в последние годы нередко были случаи залповых сбросов неочищенных сточных вод), то расчеты показывают, что в середине 1980-х гг. в р. Сестру с очищенными сточными водами ежегодно сбрасывалось (во взвешенных и растворенных формах) не менее 70 кг ртути, т. е. за 50 лет не менее 3,5 т металла поступило в систему р. Сестры, но это, безусловно, минимальная оценка; реальное поступление ртути в водоток, очевидно, в несколько раз больше). Таким образом, общие потери ртути на ОАО «Термоприбор» в то время составляли не менее 900 кг в год, причем существенная часть этой ртути аккумулировалась в осадках городских сточных вод. Современная поставка ртути в

р. Сестру со сточными водами г. Клина может быть оценена в примерно в 15 кг/год (с учетом возможного поступления ртути из вторичных источников – загрязненного канализационного тракта и накопившихся в районе очистных сооружений осадков сточных вод – она, очевидно, может быть заметно увеличена). Показательно, что в средствах массовой информации недавно сообщалось, со ссылкой на одного из руководителей МПР РФ, что «несколько предприятий сбрасывают в реку Сестру чуть ли не чистую ртуть», а Клинский пивной завод «сливает туда дрожжи» [59].

В настоящее время, судя по всему, серьезным источником вторичного загрязнения окружающей среды ртутью является бывшая свалка (бывший ртутный полигон) Клинского термометрового завода, расположенная в 5 км от г. Клина по Лавровской дороге недалеко от пос. Решоткино. Она функционировала в 1965-2000 гг., т. е. примерно 37 лет, в течение которых на нее вывозился загрязненный ртутью стеклобой (включая разбитые и бракованные термометры). Затем свалка была закрыта [43], поскольку с 1999 г. на Клинском термометровом заводе были введены установки по демеркуризации стеклобоа и бракованных изделий. Несколько лет назад территория свалки была рекультивирована: здесь было рассыпано и спланировано 2700 м³ грунта [3, 43]. В настоящее время образующиеся в ОАО «Термоприбор» отходы (после демеркуризации) вывозятся на Алексинский полигон ТБО.

Выше уже отмечалось, что в середине 1980-х гг. в пределах указанной свалки и ее ближайших окрестностях фиксировались очень высокие концентрации ртути в снеговой пыли, в почвах и атмосферном воздухе. К 2000 г. здесь на площади в 5 га было складировано около 140 тыс. т ртутного стеклобоа [32]. Если ориентироваться на данные, предоставленные ОАО «Термоприбор», то среднее содержание ртути в загрязненном стеклобое составляет 800 г/т (см. табл. 2, строка за 1998 г., когда на заводе стеклобой не демеркурировался). Простые расчеты показывают, что масса ртути, аккумулированной в 140 тыс. т загрязненного стеклобоа составляет 112 т (реально, видимо, больше). Серьезность ситуации, как считают некоторые авторы, резко обостряется тем, что в настоящее время территория свалки доступна всем желающим, вблизи свалки расположены садовые участки, а в летнее время, как пишут в прессе, «вредный фон от паров ртути становится выше допустимого в несколько раз» [32].

Однако, по данным Клинского Центра Госсанэпиднадзора, на территории, непосредственно прилегающей к свалке (в пределах 100 м), превышения ПДК ртути в атмосферном воздухе не фиксируется [3]. Ртуть не обнаруживается и в воде из артезианских скважин, расположенных в пос. Решоткино и д. Лаврово.

Тем не менее представляется, что в любом случае необходимо выполнение специальных исследований, направленных на оценку влияния бывшей свалки КТЗ на среду обитания, разработку и обоснование мероприятий по ее обезвреживанию и рекультивации. Очевидно, что аналогичные исследования необходимо выполнить и в окрестностях заброшенной свалки бывшего производства ртутных термометров в пос. Голынки (Смоленская область), куда в свое время также вывозился ртутный стеклобой, разбитые и бракованные термометры.

Следует отметить, что в производстве термометров используются значительные объемы разнообразного сырья и материалов, что априори предопределяет относительно широкий спектр веществ, потенциально способных эмитировать в окружающую среду. В частности, на Клинском термометровом заводе в качестве сырья и шихтовых материалов применяются кальцинированная сода, борная кислота, криолит, полевой шпат, сульфат аммония, соль поваренная, каолин, белила цинковые и др., различные изделия из металла, пластмассы и химическая продукция (неорганические кислоты, краски, лаки, эмали, олифа натуральная, трансформаторное и другие масла, дизельное топливо, полистирол, полипропилен, различные органические жидкости и растворители, флюсы, известь, соединения калия, натрия, фосфора, алюминия, йода и др.), резинотехнические изделия, ткани, асбестовые изделия (асбошнур, асбокартон, асбестовая бумага), строительные материалы (цемент, фторпласт, битум и др.), пиломатериалы, бумажная продукция и др. [84]. Распределение этих веществ в окружающей среде в окрестностях завода и в г. Клину, насколько известно, детально никогда не изучалось. Есть сведения, что в первой половине 1990-х гг. Клинский термометровый завод выбрасывал в окружающую среду 40 т фтористых соединений в год [37], эмиссия которых, судя по всему, обусловлена применением в стекольном производстве криолита. В почвах территории завода были обнаружены очень высокие содержания кадмия (от 10 до 40 мг/кг, среднее 28,5 мг/кг) [44]. Пространственно аномалия кадмия площадью 0,12 км² тяготеет к стекловаренному цеху, который, по мнению авторов цитируемой работы, является главным источником этого металла. В снеговой пыли кадмий на территории завода был обнаружен в нескольких пробах, где его концентрации варьировались от 3 до 1000 мг/кг и более (среднее 150 мг/кг).

В последние годы стали появляться публикации, указывающие на загрязнение окружающей среды различными тяжелыми металлами и другими химическими веществами в окрестностях г. Клина [30, 65, 75а, 92]. В качестве основных источников загрязнения чаще всего называются ОАО «Химволокно», гальванические производства и др. Так, в р. Сестре ниже г. Клина зона техногенного загрязнения прослеживается на

50 км вниз по течению, причем в донных отложениях интенсивно концентрируются Cd, Zn, Pb [92]. По данным [36], в донных отложениях р. Сестры на участке русла ниже г. Клина концентрации Zn превышают местный фон в среднем в 8-10 раз, Cd – в 300 раз, Cu – в 5 раз, Pb – в 10-15 раз. В 1998 г. и в 1999 г. уровни Zn в воде р. Сестры ниже г. Клина превышали местный фон в 175 и 120 раз соответственно, что связывается с поступлением этого металла в составе сточных вод ОАО «Химволокно», где он используется в технологических процессах [36]. В воде р. ниже г. Клина Сестры фиксировались также высокие концентрации свинца и меди. По [75а], в донных отложениях р. Сестры ниже г. Клина фиксировались повышенные (по сравнению с участком русла выше города) содержания кадмия, цинка, свинца. Авторы цитируемой работы установили в донных отложениях р. Сестры на участке ниже г. Клина высокую корреляцию между распределением ртути и цинка – элементов, которые в значительных количествах применяются в технологических процессах на ОАО «Термоприбор» (ртуть) и ОАО «Химволокно» (цинк) и, соответственно, со сточными водами поступают в водоток, формируя здесь интенсивные техногенные аномалии, прежде всего, в донных отложениях.

Имеющиеся единичные сведения по общему химическому (силикатному) составу донных отложений р. Сестры на участке русла ниже Клина (т. е. ниже места сброса сточных вод с очистных сооружений), приводимые, например, в [36, 75а], позволяют утверждать, что здесь активно формируется новый тип русловых отложений, получивших в литературе название «техногенных илов» (см. [68, 71-73, 75]). В частности, современные русловые отложения р. Сестры ниже Клина отличаются от фоновых (выше города) резко пониженным содержанием кремнезема, более высокими количествами оксидов кальция (на порядок), глинозема, высокими (в 8-10 раз) значениями показателя потерь при прокаливании (косвенно отражающего обогащенность отложений органическим веществом). Такие изменения в химическом составе русловых отложений типичны для зон влияния промышленных городов [73, 75]. Формирование в русле р. Сестры техногенных илов приводит к коренной перестройке донных биоценозов, на что указывают имеющиеся данные (табл. 9).

Следует отметить, что в середине 1980-х гг. А.И. Ачкасов [2] установил, что в осадках сточных вод, образующихся на очистных сооружениях г. Клина, интенсивно концентрируется следующий комплекс химических элементов (в скобках указаны значения коэффициентов концентрации относительно фоновых содержаний в почвах Московской области): Hg (> 20000), Ag (331), Bi (33), Pb (29), Zn (27), Sr (14), Sn (11), Sb (11), Cu (10), Cd (10), Cr (9), W (6), F (5), As (4), B (3), Mo (3),

Ni (3), Ba (1,5), что априори свидетельствует о высокой потенциальной техногенной нагрузке на экосистему реки Сестры в зоне влияния г. Клина.

Таблица 9. Количественные характеристики бентоса р. Сестры [75a]

Участок реки	Численность гидробионтов, тыс. экз./м ²	Биомасса, г/м ²	Количество видов
Выше г. Клина	25	490,2	6
Ниже г. Клина	3	5	3

Безусловно, в окрестностях ОАО «Термоприбор» необходимо проведение комплекса исследований с целью выявления состава, уровня и масштабов загрязнения окружающей среды ртутью и другими поллютантами, обусловленного деятельностью не только указанного предприятия, но и других заводов и организаций г. Клина (в городе и его окрестностях – кроме ОАО «Термоприбор» – функционируют такие предприятия, как ОАО «Химволокно», ОАО «Медстекло», ОАО «Клинский станкозавод», ОАО «Высоковский текстиль», ЗАО «Клинский пивкомбинат» и др.). Аналогичные исследования следует выполнить и в окрестностях бывшего производства ртутных термометров в пос. Голынки.

Российский рынок термометров

Медицинские термометры (как наиболее массовое изделие данного вида) поступают в розничную продажу главным образом в аптеки, где относятся к так называемым сопутствующим товарам для ухода за больными и, как правило, не являются для аптек профильным товаром. В последние годы на российском рынке к продаже постоянно предлагались в основном три типа медицинских термометров – традиционные ртутные, электронные цифровые и ушные инфракрасные. Известны также температурные индикаторы, представляющие собой пластиковую полоску с нанесенным на нее теплочувствительным составом в виде квадратов, каждый из которых меняет свой цвет при определенной температуре.

В общей массе предлагаемых к продаже изделий явно преобладают ртутные термометры. Доля жидкокристаллических термометров чрезвычайно мало. Например, в соседней Украине в 1997-2001 гг. она не превышала 1% от общего количества предлагаемых к продаже медицинских термометров [47]. Доля электронных термометров, как правило, находится в пределах 10-20%. Судя по всему, аналогичная ситуация

типична и для России. С этой точки зрения показательны данные, полученные при анализе розничного предложения медицинских термометров в 1998-2001 гг. в аптеках г. Харькова (табл. 10). Как видим, доля ртутных термометров в розничной торговле достаточно стабильно превышала 80%. В сентябре 2003 г. в аптеках г. Москвы доля отечественных медицинских ртутных термометров от всех продаваемых изделий

достигала 50-70% [46]. Даже в г. Харькове в 1997 г. ртутные термометры ТБ-1Б производства ОАО «Термоприбор» составляли почти половину предложений в розничной торговле [49]. Следует отметить, что указанный год с точки зрения объемов производства был не самым удачным для ОАО «Термоприбор».

Таблица 10. Динамика розничного предложения медицинских ртутных термометров в аптеках г. Харькова в 1998-2001 гг. [47]

Квартал	1998	1999	2000	2001
	Доля ртутных термометров, %			
I	91,9	94,1	82,9	87,6
II	85,7	95,7	80,3	86,2
III	90,7	89,3	82,9	84,8
IV	92,3	88,5	83,5	72,4

Обычно доля электронных термометров значительна в так называемых «богатых» аптеках (стоимость электронного термометра примерно на порядок больше, нежели ртутного; инфракрасные термометры в 40-80 раз дороже ртутных), особенно в крупных городах. Тем не менее в последние годы на российском рынке прослеживается определенная тенденция к увеличению общего числа оптовых предложений электронных термометров [48].

К настоящему времени компанией «Термоприбор» созданы региональные дистрибьюторные сети с представительствами в Воронеже, Екатеринбурге, Иркутске, Казани, Краснодаре, Красноярске, Москве, Нижнем Новгороде, Новосибирске, Ростове-на-Дону, Самаре, Санкт-Петербурге, Хабаровске, а также в Алматы, Киеве, Минске и Риге. Среди главных покупателей продукции ОАО «Термоприбор» – крупнейшие национальные фармдистрибьюторы, нефте- и газодобывающие компании, предприятия химической и других отраслей промышленности, гидрометеослужбы многих государств мира [84]. В последние годы часть (примерно 20%) производимых ОАО «Термоприбор» ртутных термометров ежегодно экспортировалась в страны дальнего зарубежья и примерно столько же – в страны СНГ (главным образом в Казахстан, Украину, Беларусь, страны Прибалтики); остальные изделия (т. е. до 60% от общего производства) поступали на внутренний российский рынок.

В Россию завозятся также импортные (из Китая) ртутные термометры (главным образом медицинские – типа TVY-120, TAYS-006)

фирмы «*Amrus Enterprises, Ltd*» (США), имеющей дочерние предприятия в КНР. В частности, АОЗТ «Москва-Амрос», в ассортименте поставок которой, среди прочего, – ртутные термометры указанного производителя, работает на российском рынке уже с сентября 1993 г. [79]. Потребителями товаров являются более 400 предприятий системы здравоохранения различных форм собственности, в том числе республиканские и территориальные управления «Медтехники» и Фармуправления, расположенные от Калининграда до Хабаровска. Ртутные термометры фирмы «*Amrus Enterprises, Ltd*» поставляются в следующей упаковке: 12 шт. в коробке, 720 шт. в картонном ящике. К сожалению, в ежегодно издаваемых сборниках «Таможенная статистика внешней торговли Российской Федерации» прямые сведения о поставках в Россию импортных ртутных термометров отсутствуют (термометры, очевидно, «обезличенно» фиксируются в разделе «медицинское оборудование»). По оценке С.Г. Иткина (личное сообщение), импорт указанных термометров в Россию составляет не менее 1 млн. шт. в год.

Ртутные термометры импортируются и из некоторых других стран. Например, в России эксклюзивным представителем фирмы «*Apexmed International B.V.*» (Нидерланды), производящей ртутные термометры марки «*Apexmed*», является ООО «Апексмед» [86]. Судя по всему, предприятия указанной фирмы, производящие ртутные термометры, также расположены в азиатских странах. В частности, в продаже встречаются изделия из Китая, но с надписью «*Made in Germany*». Есть сведения, что на российском рынке появились специальные детские ртутные термометры, которые немного отличаются от традиционного варианта размерами и дизайном. Их производят как зарубежные фирмы (например, «*Chicco*» – итальянская кампания; ртутные термометры явно производятся в азиатских странах), так и российские («Мир Детства», которая большую часть детских товаров, поставляемых на российский рынок производит в Гонконге и особенно в Таиланде, где, судя по всему, изготавливаются и детские ртутные термометры, о качестве которых их покупатели рассказывают следующее, – см., например, <http://www.doktor.ru/people/femin/club/shop/body/m...>, – «термометр... стал показывать только 38 градусов, ртутный столбик разъединился на много кусочков».

Будем считать, что на российский рынок в 1998-2002 гг. ежегодно поступало порядка 1,3 млн. шт. импортных (преимущественно медицинских) термометров. Среднее содержание ртути в одном медицинском термометре производства США (ртутные термометры до недавнего времени составляли 95% всех подобных изделий, используемых в этой стране) составляет 0,61 г; в термометре для измерения температуры воздуха – 2,25 г [89]. Таким образом, можно рассчитать количество

ртути, содержащейся в ежегодно поступающих на российский рынок термометрах (табл. 11).

Таблица 11. Масса ртути в ртутных термометрах, поступивших на внутренний рынок России в 1998-2002 гг., т¹

Год	Отечественные термометры			Импортные термометры	Общая масса ртути
	медицинские	промышленные	всего		
1998	8,7	0,4	9,1	0,8	9,9
1999	10,1	0,5	10,6	0,8	11,4
2000	13,2	0,6	13,8	0,8	14,6
2001	13,0	1,4	14,4	0,8	15,2
2002	14,6	0,7	15,3	0,8	16,1

¹ Приведены округленные (до первой после запятой цифры) данные.

Необходимо отметить, что в отечественных рекламно-информационных изданиях (в том числе в сети Интернет) регулярно появляются предложения различных организаций и даже частных лиц о продаже значительных партий (в тысячи-десятки тысяч штук) ртутных термометров (в том числе промышленных), изготовленных, судя по всему, еще во времена СССР. Не исключено, что в данном случае реализуются старые запасы указанных изделий, хранящиеся в организациях, на предприятиях, складах и т. д. (очень часто термометры предлагаются с несколько странной пометкой – «по ценам ниже заводских», см., например, <http://www.med.sgg.ru/doska/old/01/10233116204>). Встречаются также объявления, в том числе частных лиц, о приобретении ртутных термометров, причем в достаточно больших количествах (тысячи штук). Как отмечалось выше, в конце 1980-х – начале 1990-х гг. Клинский завод работал на полную мощность и только медицинских термометров производил до 30-35 млн. шт. в год. Существенная часть производимой продукции направлялась в госрезерв, стратегические запасы, на аптечные и другие склады [85]. Со второй половины с 1990-х гг. эти термометры, безусловно, стали активно поступать в продажу.

Очевидно, что цифры, приводимые в табл. 11, достаточно адекватно отражают объемы ртути, ежегодно поступающей в составе термометров на внутренний российский рынок и со временем потенциально способной эмитировать в окружающую среду. В частности, схожая ситуация наблюдается в США, где, например, в 1990 г. было произведено и импортировано 35 млн. термометров, из них 23,3 млн. ртутных, в которых содержалось 16,2 т ртути, а в 1995 г. – 38 млн. термометров, из них 23,2 млн. ртутных (16,1 т ртути) [93]. Показательно, что количество ртутных термометров в США всегда оставалось одним и тем же, что,

судя по всему, объясняется целенаправленным регулированием их продажи.

В последние годы во многих странах мира осуществляются различные мероприятия, направленные на ограничение использования ртутных термометров. Так, в Швеции с 1992 г. запрещено использовать бытовые ртутные термометры, с 1993 г. – промышленные ртутные термометры [76]. До этого времени в стране количество ртути, содержащееся в выходящих из строя термометров достигало 1,5 т, из которых утилизировалось лишь 360 кг металла ежегодно (т. е. примерно 20%). Несколько лет назад розничная продажа ртутных термометров запрещена также во Франции (с мая 1999 г.), в Дании, Норвегии, Швейцарии [64]. Есть сведения, что в США ртутные термометры в розничную продажу не поступают, а распространяются лишь среди организаций, что, естественно, значительно упрощает их учет, а также последующий сбор и утилизацию вышедших из строя изделий. В 2003 г. городской совет Бостона проголосовал за запрет на продажу ртутных термометров, поддержав общенациональную кампанию за отказ от использования в США приборов, содержащих ртуть.

Недавно появилось сообщение [33], что во всех странах ЕС было принято решение, тотально запрещающее продажу ртутных термометров. Тем не менее, поскольку у населения на руках имеется еще немало подобных приборов, использование их все еще возможно, однако настоятельно рекомендуется замена ртутьсодержащих изделий на безртутные, причем старый ртутный термометр может быть сдан в ближайшую аптеку.

Эмиссия ртути при использовании термометров

В России вышедшие из строя ртутные термометры и, соответственно, содержащаяся в них ртуть практически всегда, в лучшем случае, выбрасывались в мусорный бак или в канализацию. Лишь в последние годы в отдельных регионах страны предпринимаются попытки организовать сбор и обезвреживание использованных изделий. В частности, в некоторых городах России осуществляется целенаправленный сбор вышедших из строя (разбившихся) ртутных термометров, главным образом в крупных больницах. Например, Агентство «Ртутьсервис» и НПО «Экотром» осуществляют целенаправленный сбор вышедших из строя ртутных термометров (в специальные контейнеры) в наиболее крупных больницах г. Москвы. В некоторых населенных пунктах страны прово-

дятся мероприятия по изъятию ртутных термометров в школах и детских дошкольных учреждениях и замене их, например, на электронные приборы*. В г. Калининграде в связи с постановлением областного Центра Госсанэпиднадзора все ртутные термометры (очевидно, в организациях) должны быть сданы в службу ГО и ЧС для планового обмена на электронные приборы [7].

К сожалению, изъятые из обращения ртутные термометры, как правило, не утилизируются, а, судя по отдельным сообщениям в средствах массовой информации, в лучшем случае вывозятся на свалки для захоронения. Например, недавно сообщалось, что недалеко от г. Задонска в специальном могильнике будут захоронены ртутные термометры из всех школ г. Липецка. Опыт последних лет показывает, что «утилизированные» таким образом изделия рано или поздно вновь вовлекаются в оборот. В частности, на бывшей свалке отходов завода по производству термометров в Голынках (Смоленская область) уже несколько лет так называемыми бомжами активно «добываются» ранее захороненные бракованные ртутные термометры с целью извлечения из них пластин из алюминия для последующей сдачи их в пункты приема цветного металла. Нередко организации вывозят на свалки ставшие ненужными им ртутные термометры. Например, в 2001 г. некая медицинская организация вывезла («выбросила», как сообщил источник) на полигон твердых бытовых отходов возле г. Кстово в Нижегородской области 500 ртутных термометров [66]. В июле 2003 г. в Новосибирске на обочине дороги были обнаружены более 100 медицинских ртутных термометров [77]. В январе 2004 г., по сообщению ИТАР-ТАСС, в подъезде жилого дома в г. Петропавловске-Камчатском была найдена коробка с промышленными ртутными термометрами, содержащих более 1 кг ртути.

В марте 2004 г. (по сообщению Агентства *Regnum*) в одном из домов г. Мурманска (ранее принадлежавшего одному из крупных мурманских рыболовных флотов) было обнаружено три ящика с морскими глубоководными термометрами, из которых неизвестными лицами уже была извлечена ртуть (примерно 30 кг), хранившаяся здесь же в емкостях. В Карелии скопилось свыше 1000 ртутных термометров, подлежащих утилизации [81]. Инженерный центр экологических работ в Санкт-Петербурге только за первое полугодие 2002 г. собрал более 14 тыс. ртутных (медицинских) термометров [80], дальнейшая судьба которых неизвестна. Не исключено, что они, в конечном счете, как и многие другие виды ртутьсодержащих отходов, были вывезены для захоронения на известный полигон Красный бор.

* Еще в июне 1994 г. особым приказом Минобразования России использование ртути и ртутьсодержащих приборов в образовательных учреждениях страны было запрещено.

Опыт показывает, что наиболее часто термометры разбиваются в холодное время года, особенно в период обострения простудных заболеваний и т. д. Следует отметить, что неаккуратное использование ртутных термометров в быту и других сферах человеческой деятельности сопряжено с серьезной опасностью для здоровья населения. Например, в литературе сообщалось о развитии у двоих людей нефротического синдрома после разлива ртути из разбитого термометра в их спальне [4]. Авторы публикации предполагают, что нефротический синдром, сопровождающий абсорбцию соединений ртути, является результатом иммунотоксической реакции. В Японии были описаны 15 случаев генерализованного дерматита, вызванного ртутью из разбившихся термометров [4].

С рассматриваемой точки зрения очень показателен следующий случай, произошедший в конце 1980-х гг. в СССР [63]. Два брата 10 и 12 лет разбили ртутный термометр, вылили ртуть на раскаленную чугунную плиту и наблюдали за движением ртутных шариков. В этой же комнате находился их 6-месячный брат, у которого через несколько часов появились рвота, затрудненное дыхание. Ребенок был госпитализирован в тяжелом состоянии, которое прогрессивно ухудшалось, на 3-й день он умер. При судебно-медицинском обследовании трупа обнаружили стоматит, некротический нефроз, дистрофические изменения миокарда, печени, отек и набухание вещества головного мозга; при судебно-химическом исследовании во внутренних органах погибшего выявили ртуть. Старшие братья поступили в больницу в состоянии легкого отравления парами ртути.

В 1988 г. на Крюковском вентиляторном заводе (г. Чехов Московской области) при пожаре были повреждены ртутные термометры, что привело к возникновению ртутной интоксикации у нескольких человек (Сов. Россия, 14.05.1988). В июне 2002 г. в г. Кирове в одной городской молочной кухне по неосторожности в сухожарочном шкафу кефирного цеха был разбит ртутный термометр. Проведенные специалистами обследования показали, что концентрации паров ртути в воздухе превышали ПДК в 3,8-7,8 раз, что привело к остановке производства и проведению демеркуризационных мероприятий [6].

В некоторых организациях (в том числе в больницах и лабораториях) до сих пор используются сухожаровые шкафы с ртутными термометрами для обработки инструментов. Нередко термометры лопаются, что приводит к необходимости проводить демеркуризацию. Например, в октябре 2000 г. в помещении лаборатории завода «Уралкабель» (г. Екатеринбург) взорвался ртутный термометр, находившийся в жаровом шкафу. Площадь загрязнения составила 500 м², причем уровни паров ртути в воздухе превышали ПДК в 50-70 раз, что потребовало проведе-

ния демеркуризации (WWW.CRY.RU). В г. Волгограде подобные случаи происходят ежегодно в нескольких поликлиниках и больницах («МК в Волгограде», 2003, № 52).

По оценке В.В. Богатова (выступление на конференции «Ртуть. Комплексная система безопасности», 1996 г.), в г. Санкт-Петербурге в середине 1990-х гг. ежегодно выбрасывалось (выходило из строя, разбивалось и т. п.) до 500 тыс. шт. ртутных (в основном медицинских) термометров, т. е. примерно одно изделие на 10 городских жителей. По другим сведениям, в январе-феврале 2003 г. специалистами демеркуризационных служб г. Санкт-Петербурга было зафиксировано около 3000 чрезвычайных ситуаций, вызванных разбитым по тем или иным причинам ртутным термометром [85]. В Комитете по природопользованию городской администрации справедливо полагают, что это лишь очень незначительная часть от общего числа выходящих из строя изделий. Отсюда следует, что в течение года в городе (где уже много лет осуществляется организованная «антиртутная» деятельность) «контролируется» только лишь порядка 18 тыс. выходящих из строя ртутных термометров, или около 3,6% от всего количества использованных (разбившихся) изделий. По данным агентства «Ртутьсервис» (В.М. Корницкая, личное сообщение) и НПП «Экотром» (Г.В. Макаренченко, личное сообщение), в г. Москве в 1998-2000 гг. ежегодно выходило из строя 500-800 тыс. шт. ртутных (в основном медицинских) термометров, т. е. в среднем примерно 650 тыс. шт. в год, или 1 термометр на 13 жителей города. Из указанного количества на специальном предприятии (НПП «Экотром») обезвреживалось и затем отправлялось на дальнейшую переработку (в ЗАО «Кубаньцветмет») порядка 1% (т. е. 6-7 тыс. термометров в год). В Республике Мордовии (население 920 тыс. чел.) в 2000-2002 гг. ежегодно реализовывалось населению и различным организациям порядка 40 тыс. ртутных термометров (А.Ю. Ермишев, личное сообщение), т. е. 1 термометр в расчете на 22-23 жителя Республики; очевидно, можно предположить, что примерно такое же количество ежегодно выходило из строя (доля городского населения в Мордовии не

превышает 60%, тогда как в среднем для России этот показатель составляет более 73%).

Расчеты, основанные на данных табл. 12, показывают, что в шт. Миннесота (США) в 1990-2000 г. ежегодно выходил из строя (выбрасывался) один ртутный термометр из расчета примерно на 8-10 чел., что достаточно неплохо

Таблица 12. Эмиссия ртути с термометрами в шт. Миннесота (США)¹ [93]

Потери в:	1990	2000
Атмосферу	136 кг	81 кг
Водные системы	4 кг	3 кг
Почву	187 кг	243 кг
Общее	327 кг	327 кг

¹ Население штата (в 1985 г.) - 4193000 чел. (доля городского населения 66,9%) [27].

соотносится с рассчитанными выше аналогичными показателями для крупнейших российских городов.

Для оценки возможных потерь ртути с вышедшими из строя термометрами воспользуемся средним показателем: 1 ежегодно выходящий из строя ртутный термометр (содержащий в среднем 2 г ртути) на 16 жителей России. Расчеты показывают, что в 1998-2002 г. в стране ежегодно использовалось (разбивалось и т. д.) порядка 9 млн. термометров, содержащих примерно 18 т металлической ртути. Из этого количества примерно 1 т ртути в той или иной мере утилизировалась на специальных предприятиях (с целью получения вторичной ртути), а остальная ртуть – 17 т - в конечном счете оказывалась на свалках отходов и в канализационной сети (что характерно для городов и крупных поселков), в почве (особенно в сельской местности), т. е. потенциально способна рассеиваться в окружающей среде, поступая в атмосферу, поверхностные водные системы, грунтовые воды и т. д. Практически аналогичные показатели (с учетом численности населения, количества используемых ртутных термометров и содержания в них ртути) имеются для США (табл. 13), где ртутные термометры являются основным источником поступления ртути в твердые бытовые отходы на протяжении последних 30 лет.

Таблица 13. Поступление ртути в бытовые отходы в США, тонны [90]

Ртутьсодержащее изделие	1970	1975	1980	1985	1989	1995
Термометры	11,1	21,1	23,3	29,5	14,8	15,3
Термостаты	4,8	6,2	6,5	8,6	10,2	7,4
Переключатели	0,4	0,4	0,4	0,1	0,4	1,7
Люминесцентные лампы	17,2	19,5	21,1	25,3	23,6	13,3
Ртутные лампы высокого давления	0,2	0,3	1	0,6	0,7	0,9
<i>Итого</i>	33,7	47,5	52,3	64,1	49,7	38,6
Доля термометров, %	33	44	45	46	30	40

Если считать, что выше приведенные данные по шт. Миннесота (в среднем 1 ежегодно выходящий из строя ртутный термометр на 9 жителей) типичны для всей страны, то в США в ежегодно выходящих из строя термометрах содержится порядка 16,1 т ртути, что неплохо соотносится с данными табл. 12. Это, несомненно, свидетельствует о репрезентативности выбранного подхода к подсчету эмиссии ртути с вышедшими из строя ртутными термометрами.

На рис. 5 приводится схема распределения ртути, содержащейся в термометрах, ежегодно (в 2001-2002 гг.) выходящих из строя в России. Указанная схема, являясь в значительной своей части ориентировочной, тем не менее, по мнению автора этих строк, отражает, по крайней мере, масштаб реально существующей в настоящее время стране ситуации, в существенной мере обусловленной практически полным отсутствием системы учета, сбора и обезвреживания (переработки) ежегодно выходящих из строя ртутных термометров.



Рис. 5. Схема распределения ртути, содержащейся в ежегодно используемых (выходящих из строя) в России ртутных термометрах.

В табл. 14 приводится ориентировочная структура распределения (баланс) ртути, поступающей в окружающую среду в пределах России с ежегодно выходящими из строя ртутными термометрами. Как видим, существенная часть ртути (7 т, или почти 39% от общей эмиссии) относительно быстро включается в природные геохимические циклы и участвует в загрязнении среды обитания. Остальная ртуть, присутствующая в термометрах, временно депонируется с различными видами отходов, тем не менее оставаясь потенциально способной к рассеиванию в окружающей природной среде.

Таким образом, широкое применение ртутных термометров в быту, медицине, научных исследованиях, сельском хозяйстве, промышленности в существенной степени неизбежно сопровождается постоянной, существенной и в настоящее время практически неконтролируемой эмиссией ртути в среду обитания, объемы которой не уступают и даже превосходят техногенную поставку ртути, обусловленную совокупной деятельностью многих известных промышленных источников, имеющих в пределах России.

Таблица 14. Годовой баланс ртути, поступающей в среду обитания при использовании ртутных термометров в России (в 1998-2002 гг.)¹

Поступление ртути	Ртуть	
	масса, т	доля, %
В атмосферу	1,75	9,7
В гидросферу	2,75	15,3
В почву	2,5	13,9
Временное депонирование с отходами (на свалках)	5	27,8
Временное депонирование в канализационной сети	0,5	2,8
Временное депонирование с осадками сточных вод	4,5	25
Вторичная ртуть	1	5,5
Итого	18	100

¹ Расчеты показывают, что общая масса ежегодно выходящих в России из строя ртутных термометров составляет примерно 450-500 т, в которых, кроме ртути, содержится 30-40 т алюминия и порядка 400 т стекла.

К настоящему времени в России в эксплуатации находится значительное количество ртутных (прежде всего, медицинских) термометров. Отсутствие надежных сведений не позволяет рассчитать их точное количество, хотя некоторые (представляется, что минимальные) оценки можно привести. Так, выборочные опросы (несколько десятков человек), проведенные автором этих строк, показывают, что одна российская семья (обычно из 3-х человек) имеет в своем пользовании от 1 до 3 ртутных медицинских термометров (т. е. в среднем примерно 2 термометра, или 0,7 – на одного человека). В целом для страны это составит порядка 100 млн. шт. термометров, в которых содержится 200 т ртути. (По оценке [82], в г. Санкт-Петербурге в медицинских термометрах, находящихся на руках у городского населения, сосредоточено порядка 4 т ртути. Если интерполировать эти оценки на всю страну, то получим

не менее 130 т металла, что вполне соотносится с полученной нами расчетной оценкой.)

В 2001 г. число больничных учреждений в России составляло 10,6 тыс., врачебных и амбулаторно-поликлинических учреждений – 21,3 тыс. [42]. Если ориентироваться на данные Агентства «Ртутьсервис», то в каждой крупной больнице ежегодно выходит из строя порядка 500 термометров (вернее, такое количество разбитых изделий ежегодно собирается); в поликлиниках и амбулаториях количество используемых термометров, очевидно, заметно меньше. (Есть сведения, что в г. Санкт-Петербурге каждой крупной больницей ежегодно закупается 1000-2000 термометров. Очевидно, что такое же количество термометров ежегодно выходит из строя).

Будем считать, что в каждом больничном учреждении страны в эксплуатации находится 500 термометров, в каждой амбулатории (поликлинике) – 100 медицинских ртутных термометров. Отсюда следует, что только в медицинских учреждениях страны в эксплуатации находятся не менее 7,5 млн. ртутных термометров (они содержат не менее 15 т ртути).

Естественно, что медицинские термометры в той или иной мере используются и во многих других организациях страны, в том числе, например, в детских дошкольных учреждениях. Например, в феврале 2003 г. в одном из детских садов г. Кирова демеркуризационной службой были изъяты 22 разбитых ртутных термометра, причем газортутные исследования показали, что в кабинете медицинской сестры содержания паров ртути в воздухе превышали предельно допустимую концентрацию в 56 раз, а в смежных помещениях – в 2,5 раза [78]. Количество ртутных термометров, по тем или иным причинам временно не используемых в практической деятельности, точному учету не поддается.

По имеющимся сведениям (А.Ю. Ермишев, личное сообщение), в Республике Мордовии на 40 семей приходится один промышленный (специальный и т. п.) ртутный термометр. Если интерполировать эти данные на всю Россию, то простые расчеты показывают, что на руках у населения находится около 970 тыс. ртутных промышленных (специальных) термометров. При среднем содержании в одном таком термометре 10 г ртути общее ее количество в целом для всей страны составит почти 10 т.

В г. Хабаровске (с населением в 560 тыс. чел.) на 800 предприятиях и организациях задействовано свыше 7500 технических (промышленных) ртутных термометров [79]. Интерполируя эти данные на все регионы России, мы получим порядка 1,3 млн. термометров, содержащих не менее 13 т ртути.

В табл. 15 систематизированы сведения о современном использовании ртутных термометров в России и содержащейся в них ртути. Еще раз следует подчеркнуть, что приводимые оценки являются, судя по всему, минимальными.

Таблица 15. Расчетная оценка количества ртутных термометров, находящихся в эксплуатации в России, и содержащейся в них ртути (уровень 2001 г.)

Тип термометров и сфера использования	Количество, млн. шт.	Масса ртути, т
Медицинские термометры (у населения)	не менее 100	не менее 200
Медицинские термометры (в медицинских организациях)	не менее 7,5	не менее 15
Промышленные термометры (у населения)	0,97	не менее 10
Промышленные термометры (на предприятиях)	не менее 1,3	не менее 13
Итого	не менее 110	не менее 238

Проблемы рационального использования и утилизации ртутных термометров

В настоящее время в быту, в различных организациях, на промышленных предприятиях России используется значительное количество ртутных термометров, массовая замена которых на другие типы аналогичных приборов (даже при осуществлении необходимых организационно-технических мероприятий), как показывает мировой опыт, вряд ли возможна в ближайшие годы. Очевидно, что в обозримом будущем (не исключено, что еще достаточно долгое время) ртутные термометры по-прежнему будут применяться в нашей стране как основные средства измерения температуры в самых различных сферах человеческой деятельности.

Определенную альтернативу, по крайней мере, медицинским ртутным термометрам составляют их электронные аналоги. Действительно, современная микроэлектроника позволила создать электронные цифровые термометры для измерения температуры тела, мало отличающиеся от традиционного ртутного термометра по массе и габаритам, многие из которых, несомненно, более безопасные в эксплуатации. Они оснащены, как правило, удобным для считывания результата измерения цифровым дисплеем, звуковой сигнализацией, памятью, автоматическим выключением и другими сервисными функциями; снабжены автономным электропитанием от гальванического элемента, срок службы

которого часто составляет несколько лет. Однако в России в ближайшие годы цифровые электронные приборы вряд ли полностью заменят ртутные термометры.

Прежде всего, медицинские электронные и инфракрасные термометры все еще являются в нашей стране новым, недостаточно знакомым потребителю товаром, у которого, кстати, часто отсутствует инструкция на русском языке, что не позволяет многим потенциальным покупателям квалифицированно освоить все «сервисные функции» этого изделия, предлагаемые изготовителем (хотя, конечно, термометр, прежде всего, должен точно измерять температуру)*.

К тому же, как уже отмечалось, стоимость электронного термометра намного выше (180-200 руб. и более), нежели цена его ртутного аналога (15-20 руб.); стоимость инфракрасного термометра еще выше (800-1500 руб.). Это, кроме всего прочего, вряд ли будет способствовать широкому распространению электронных изделий в современной России. Следует также помнить, что на российском рынке электронных термометров преобладают изделия, поставляемые из Сингапура, Франции, Японии, ФРГ и др.; доля отечественных изделий данного типа невелика.

Экспериментальная оценка практических характеристик нескольких электронных медицинских термометров (три модели, разработанные японской фирмой «OMRON» и произведенные на дочернем предприятии в ФРГ – MC-103, MC-3B, MC-63B; цифровой термометр SB-70 *Little Doctor*, изготовленный в Японии; электронный термометр «Интеград» производства Беларуси) и медицинского ртутного термометра ТБ-1Б производства ОАО «Термоприбор» (г. Клин) показала, что электронные термометры обладают довольно существенным недостатком – использование как рекомендуемой в техническом паспорте продолжительности измерения, так и срабатывания звукового сигнала приводит к заметному занижению результатов измерения температуры тела [62]. Автором другой публикации показано [50], что при измерении температуры тела одного и того же объективно здорового человека различными электронными термометрами она изменялась в пределах 34,5-36,7°C, тогда как отечественный медицинский ртутный термометр стойко показывал значения температуры тела в 36,5°C. Установлено, что точность

* В сущности, есть два показателя, по которым можно судить о надежности используемого средства измерения, – воспроизводимость полученных результатов и соответствие их истинному значению. С этой точки зрения ртутный термометр является надежным и достаточно простым измерительным прибором. Длительность процесса измерения играет уже меньшую роль, поскольку у ртутных и многих видов электронных термометров она примерно одинакова.

измерения температуры электронным цифровым термометром заметно ухудшается по мере эксплуатации соответствующего элемента питания (который, как сообщается, замене не подлежит).

Недавно на сайте koMok.ru, со ссылкой на Союз потребителей России, были представлены результаты экспертизы медицинских термометров, предлагаемых к продаже в российских аптеках и магазинах. Они, как сообщил источник информации, показали, что «наиболее достоверным и удобным остается измерение температуры тела ртутным термометром в подмышечной области, несмотря на недостатки способа: длительность измерений и возможное ртутное загрязнение окружающей среды при повреждении градусника».

С точки зрения будущей судьбы ртутных термометров очень показателен следующий факт. Так, несмотря на то, что в странах Западной Европы производство ртутных термометров прекращено, а в некоторых странах уже запрещено их практическое использование, западноевропейские и американские производители средств измерения температуры создали, прежде всего, в азиатских странах (особенно в Китае) дочерние предприятия по производству ртутных термометров и достаточно активно поставляют их на российский рынок. Эта продукция, между прочим, далеко не всегда соответствует требованиям, предъявляемым к качеству данных видов изделий. Например, экспертиза ртутных медицинских термометров, поступивших в Россию из Китая, показала, что 40% из них не отвечают необходимым требованиям (попросту говоря, они не всегда точно измеряют температуру тела) [50].

Недавно в прессе сообщалось, что многие импортные ртутные термометры, продаваемые в аптеках г. Москвы, не отвечают требуемым нормам, поскольку неправильно показывают результаты измерений. К такому выводу пришли специалисты «Ростеста», даже запретив к продаже и использованию сразу несколько партий измерительных приборов («Московский комсомолец», 12 января 2004 г.). Больше всего претензий было к термометрам китайского производства. К тому же во многих термометрах, импортируемых из азиатских стран, нередко применяется более тонкое, нежели в отечественных изделиях, стекло, что способствует их быстрому выходу из строя.

Не исключено, что все эти и другие недостатки обусловлены, отчасти, примитивной подделкой термометров, которые контрабандой завозятся в Россию, о чем уже сообщалось в средствах массовой информации. Так называемый детский ушной термометр, имеющий одно-разовый пластмассовый наконечник, судя по сообщениям в прессе, не очень удобен в практическом использовании и никогда не показывает – в силу различных причин – нормальную температуру. Сообщалось так-

же о единичных случаях повреждение у детей барабанной перепонки в ходе измерения температуры ушным термометром.

Как отмечалось выше, на ОАО «Термоприбор» контроль и проверку проходит каждый изготовленный ртутный термометр, что практически исключает вероятность поступления на рынок некачественных изделий. На всех упаковках термометров Клинского завода, поступающих в продажу, стоит штамп об их соответствии отечественному ГОСТ'у и приведено разрешение Минздрава России (возможные жалобы на недостатки, например, электронных термометров из Сингапура следует направлять в некий «Центральный Юшин»).

В последние годы предпринимаются попытки заменить металлическую ртуть, используемую в качестве термометрической жидкости, другим веществом. Так, несколько лет назад сообщалось о том, что Государственный научно-исследовательский и проектный институт редкометаллической промышленности (ГНЦ РФ «ГИРЕДМЕТ») разработал рентабельную технологию получения сплавов на основе галлия (галлий-индий-олово) для медицинских жидкометаллических термометров. Утверждалось также, что указанные сплавы позволят к 2002 г. (! – Е.Я.) полностью исключить применение «остродефицитной в России ртути для этих целей», причем первичные потребности в указанных сплавах будут обеспечены опытной базой ГНЦ РФ «ГИРЕДМЕТ», а промышленное освоение производства жидкометаллических термометров планируется организовать на ОАО «Термоприбор» (г. Клин) в объеме до 10 млн. шт. в год [11, 28]. Очевидно, что авторы сообщения несколько опередили события, поскольку ртутные термометры по-прежнему являются ведущей продукцией Клинского завода и достаточно активно поступают в Россию из других стран. Тем не менее есть сведения, что в России в продаже уже появились стеклянные термометры, представляющие собой копию традиционного ртутного термометра, но в качестве термометрической жидкости содержащие сплав олова, индия и галлия. Сообщалось также, что данная стеклянная модель достаточно хрупкая, но надежная с точки зрения снятия показаний и к тому же ее стоимость не очень велика.

В любом случае есть все основания полагать, что в России ртутные термометры будут, по крайней мере, эксплуатироваться еще достаточно длительное время. Однако при существующей в стране практике ртутные термометры, ежегодно выходящие из строя, являются одним из главных источников эмиссии ртути в среду обитания. Более того, количество ртути, поступающей в среду обитания при использовании термометров, многократно превышает ее эмиссию в ходе производства данных изделий. Как было показано выше в России ежегодно выходит из строя порядка 9 млн. ртутных термометров, содержащих не менее

18 т ртути, из которых только лишь 1 т металла в той или иной мере утилизируется, а около 17 т ртути в конечном счете поступает в канализацию, на контролируемые и неконтролируемые свалки, в течение относительно незначительного периода времени рассеиваясь в окружающей среде. Это, в сущности, и определяет необходимость разработки и внедрения в стране системы мероприятий, которые должны обеспечить рациональное, эффективное и безопасное использование ртутных термометров, а также учет, сбор, обезвреживание и последующую переработку вышедших из строя изделий с получением товарной (вторичной) ртути, которая, при необходимости, могла бы вновь возвращаться в производство.

В общем случае указанная система мероприятий должна учитывать экологические и гигиенические аспекты загрязнения окружающей среды при производстве ртутных термометров (причем не только ртутью). Особые усилия производителей (в данном случае ОАО «Термоприбор») должны быть направлены на технологическое совершенствование производственных процессов, в первую очередь, на снижение количества ртути, вводимой в одно изделие, на модернизацию используемого в настоящее время оборудования по очистке выбросов и стоков, утилизации образующихся при изготовлении термометров отходов, а также на изучение и последующую ликвидацию зон остаточного ртутного загрязнения (включая свалки ртутьсодержащих отходов), существующих в окрестностях ОАО «Термоприбор» и бывшего производства термометров в пос. Голынки и являющихся источниками вторичного загрязнения среды обитания.

Особое значение имеет просветительская деятельность среди населения. Любой ртутный термометр, реализуемый в пределах страны, должен быть снабжен специальной инструкцией, предупреждающей о потенциальной опасности ртутного загрязнения при небрежном обращении с изделием, а также рассказывающей о действиях потребителя в случае выхода – по той или иной причине – термометра из строя. В соответствующем сертификате, который в обязательном порядке должен прилагаться к каждому изделию, необходимо указывать информацию о количестве металлической ртути, присутствующей в термометре. Например, недавно на сайте RIA-norma.com была помещена статья, в которой утверждалось, что «медицинский ртутный термометр содержит в себе 4 г ртути», что, как мы знаем, не соответствует действительности. (Кстати, автор указанной статьи сообщал, что «люминесцентные лампы дневного света, содержащие ртуть, больше не производятся», что также не соответствует действительности.)

Каждый поступающий в продажу термометр должен помещаться изготовителем в надежный футляр, содержащий специальную марки-

ровку и позволяющий потребителю – при необходимости – определенной время безопасно хранить (транспортировать) в нем вышедшее из строя изделие. Используемые в организациях и на предприятиях ртутные термометры должны применяться и храниться с соблюдением необходимых правил безопасности, что, судя по всему, часто не соблюдается. Например, по сведениям Администрации г. Санкт-Петербурга [87], в марте 2000 г. в хирургическом отделении Городской больницы № 40 пациентом, находящимся в состоянии психического возбуждения, были одновременно разбиты 25 (! – Е.Я.) ртутных термометров, что привело к интенсивному заражению помещений ртутью.

Серьезную проблему представляют организационные вопросы, связанные с учетом и сбором вышедших из строя изделий. В сущности, как показывает мировой опыт, это самая важная и наиболее трудно решаемая задача в системе обезвреживания ртутных термометров (впрочем, как и многих других ртутьсодержащих изделий и приборов). Тем не менее, хорошо известно, что в настоящее время во многих странах мира внедрен или активно внедряется в практику так называемый раздельный сбор отходов потребления. В последнее время попытки организовать раздельную систему сбора и обезвреживания бытовых отходов предпринимаются и в России. С этой точки зрения вышедшие из строя ртутные термометры являются эффективным объектом для отработки организационных аспектов такой системы как в отдельных регионах, так и в целом в стране.

Прежде всего, представляется, что во всех регионах страны на предприятиях и в учреждениях следует провести инвентаризацию как находящихся в эксплуатации, так и временно не используемых (хранящихся на складах) ртутных термометров. Необходима также организация специальных исследований, направленных на уточнение количества ртутьсодержащих изделий, находящихся на руках у населения. В любом случае на региональных и государственном уровнях должна быть организована жесткая система статистического учета производства, продажи и использования ртутных термометров и сбора вышедших из строя изделий.

Не исключено, что следует, по крайней мере, упорядочить ввоз в Россию импортных ртутных термометров. Как уже отмечалось, в ежегодно издаваемых сборниках «Таможенная статистика внешней торговли Российской Федерации» прямые сведения о поставках в Россию импортных ртутных термометров отсутствуют. Безусловно, что в каждом конкретном случае необходимо отдельной позицией фиксировать поступление таких изделий (с указанием их фактического количества, содержания в них ртути, страны-производителя и пр.).

Организационной основой системы сбора вышедших из строя ртутных термометров вполне могут стать существующие ныне во многих регионах страны станции (предприятия) демеркуризации, имеющие в рассматриваемой сфере необходимый опыт. Региональные представительства ОАО «Термоприбор», охватывающие практически все основные регионы страны, также могут (и, очевидно, должны) оказать соответствующую помощь в организации сбора вышедших из строя ртутных термометров.

Учитывая места расположения (нередко в черте города) многих станций демеркуризации (демеркуризационных предприятий) и технологические особенности используемых ими демеркуризационных установок, эти организации, в первую очередь, должны обеспечить сбор и предварительное обезвреживание использованных ртутных термометров, их упаковку в специальные контейнеры (которые следует разработать и изготовить в необходимом количестве) для последующей безопасной транспортировки к месту утилизации (промышленной переработки).

Окончательную промышленную переработку вышедших из строя ртутных термометров (с целью получения вторичной ртути) в настоящее время, судя по всему, рационально осуществлять в ЗАО «НПП «Кубаньцветмет» (пос. Холмский Краснодарского края), располагающим необходимыми для этих целей производственной базой и технологическими возможностями и способным – при определенной модернизации технологического процесса – достаточно быстро перерабатывать практически весь объем ежегодно выходящих из строя в стране ртутных термометров.

Представляется также, что Клинский завод термометров (ОАО «Термоприбор»), в значительной степени обеспечивающий страну отечественными (причем, не только ртутьсодержащими) средствами измерения температуры, в ближайшее время должен стать вторым центром страны по утилизации вышедших из строя изделий, что позволит ему (с учетом возможной вторичной ртути, получаемой в ЗАО «НПП «Кубаньцветмет») по настоящему перейти практически на полный рециклинг ртути. (В частности, в последние годы в России количество ртути, ежегодно теряемой с отработанными термометрами, составляло до 70-80% от количества затрачиваемого Клинским заводом на производство новых термометров металла, подавляющая часть которого, кстати, приобреталась за рубежом.) Использование в указанном производстве вторичной ртути, получаемой при переработке вышедших из строя термометров, позволит существенно снизить техногенную нагрузку на окружающую среду.

Очевидно, что в первое время существенная часть указанных в предыдущих главах и в настоящем разделе мероприятий должна осуществляться в рамках специальных региональных и государственных программ, причем совершенно ясно, что финансовые затраты государства и регионов будут невелики, а социальные, экологические, гигиенические и экономические выгоды – в конечном счете – значительны. Не исключено также, что в стоимость каждого изделия (ртутного термометра) должны быть заложены расходы на его последующую утилизацию, которые, например, могут складываться из расходов предприятия-изготовителя, расходов потребителя, средств экологических фондов.

Литература

1. Анализ состояния ртутного загрязнения окружающей среды в Российской Федерации. – Мытищи: НИЦПУРО, 1999. – 47 с.
2. Ачкасов А.И. Распределение микроэлементов в агроландшафтах Московской области: Автореф. дис. канд. географ. наук. – М., 1987. – 24 с.
3. Васильева Н. Полигон с отходами ртути рекультивирован // <http://www.klininfo.ru>.
4. Вредные химические вещества. Неорганические соединения элементов I-IV групп: Справ. изд. – Л.: Химия, 1988. – 512 с.
5. Вселенная и человечество. Т. 5: Пер. с нем. – СПб.: Тов-во «Просвещение», 1896. – 466 с.
6. «Вятский Наблюдатель», 2002, № 24 // <http://www.nabludatel.ru/numers/2002/24/5.htm>.
7. Газета «Страна Калининград» от 19.06.2002 // <http://www.strana.kaliningrad.ru/N144/sk.html>.
8. География России. Энциклопедический словарь. – М.: Большая Российская энциклопедия, 1998. – 800 с.
9. Геращенко О.А., Гордов А.Н., Лах В.И. и др. Температурные измерения. Справочник. – Киев: Наукова думка, 1984. – 494 с.
10. Гигиенические критерии состояния окружающей среды. Вып. 118. Неорганическая ртуть: Пер. с англ. – Женева: ВОЗ; Москва: Медицина, 1994. – 144 с.
11. «ГИРЕДМЕТ» – Инновационные проекты. Получение сплавов на основе галлия для медицинских термометров // <http://www.giredmet.ru/technol/07/.html>.
12. ГОСТ 4658-73. Ртуть. Технические условия.
13. ГОСТ 2888-68. Термометр ветеринарный максимальный стеклянный.
14. ГОСТ 13646-68. Термометры стеклянные ртутные для точных измерений. Технические условия.
15. ГОСТ 16590-71. Термометры лабораторные стеклянные с конусными взаимозаменяемыми шлифами.
16. ГОСТ 2823-73Е. Термометры стеклянные технические.
17. ГОСТ 19855-74. Термоконтакты стеклянные ртутные двухконтактные прямые.
18. ГОСТ 19855-74. Термоконтакты стеклянные ртутные одноконтактные прямые.
19. ГОСТ 9871-75. Термометры стеклянные ртутные электроконтактные и терморегуляторы. Технические условия.
20. ГОСТ 98710-75. Термометры ртутные электроконтактные с подвижным рабочим контактом.
21. ГОСТ 112-78. Термометры метеорологические стеклянные. Технические условия.
22. ГОСТ 8.317-78. ГСИ. Термометры стеклянные ртутные образцовые. Методы и средства поверки.
23. ГОСТ 302-79. Термометр медицинский максимальный стеклянный. Технические условия.

24. ГОСТ 400-80Е. Термометры стеклянные для испытаний нефтепродуктов.
25. Даннеманн Ф. История естествознания: Пер. с нем. – Одесса, 1913. – 486 с.
26. Евилевич А.З., Евилевич М.А. Утилизация осадков сточных вод. – Л.: Стройиздат, 1988. – 248 с.
27. Изучение номенклатуры ртутьсодержащих отходов в Российской Федерации с целью их паспортизации. – Мытищи: НИЦПУРО, 2000. – 49 с.
28. Инновации XXI веку. Получение сплавов на основе галлия // http://www.extech.ru/src_rus/catalog/16/techno... (17.11.2002).
29. Критерии санитарно-гигиенического состояния окружающей среды. Вып. 1. Ртуть: Пер. с англ. – Женева: ВОЗ; Москва: Медицина, 1979. – 149 с.
30. Крылов А.В., Моржухина С.В., Флеров Б.А. и др. Комплексная оценка качества воды р. Сестра (Московская область) как среды обитания гидробионтов // Тез. докл. Междунар. научн. конф. «Малые реки: Современное экологическое состояние, актуальные проблемы», Тольятти, 23-27 апреля 2001 г. – Тольятти: ИЭВБ РАН, 2001, с. 114.
31. Кунфер А. Руководство к деланию метеорологических наблюдений. – СПб, 1839. – 82 с.
32. Лескова Н. Ртутные яблоки могут вырасти неподалеку от Клина // <http://www.klininfo.ru>.
33. Литовский курьер, 2002, № 29 // <http://www.kurier.lt...> (07.18.2002).
34. Льюис М. История физики: Пер. с итал. – М.: Мир, 1970. – 464 с.
35. Методические рекомендации по гигиенической оценке загрязнения атмосферного воздуха в районах размещения предприятий по производству и применению ртути. – М.: Минздрав СССР, 1989. – 17 с.
36. Моржухина С.В. Геохимическая оценка загрязнения малых рек (на примере реки Сестры Московской области): Дис. на соискание уч. степени канд. хим. наук. – Дубна, 2000. – 100 с.
37. Московведение: Экология Московского региона. – М.: Экопрос, 1996. – 208 с.
38. Нездюрлов Д.Ф. Очерки развития метеорологических наблюдений в России. – Л.: Гидрометеиздат, 1969. – 224 с.
39. Номенклатурный справочник изделий приборостроительных предприятий России. – М.: ИНФОРМПРИБОР, 1993. – 75 с.
40. ОАО «Термоприбор»_Каталог продукции // http://www.thermopribor.com/kat_1.htm.
41. Петухов А.Г., Коновалов А.И. Опыт работы Клинского термометрового завода по оздоровлению атмосферного воздуха // Гигиена и санитария, 1973, № 10, с. 98-99.
42. Промышленность России. 2002: Стат. сб. – М.: Госкомстат России, 2002. – 453 с.
43. Расшифровка «Вестей» о экокатастрофе на «Термоприборе» // <http://www.klininfo.ru/public/read.php?sname=krupskandals&articlealias=Svalka>.
44. Ревич Б.А., Несвижская Н.И., Журавлева М.Г. и др. Совершенствование методических принципов эколого-геохимической оценки состояния окружающей среды. – М.: МОМГЭ ИМГРЭ, 1983.

45. Ревич Б.А., Сотсков Ю.П., Тростина В.И. Накопление химических элементов в организме человека в техногенных геохимических аномалиях // Методы изучения техногенных геохимических аномалий. – М.: ИМГРЭ, 1984, с. 20-31.
46. Розенбергер Ф. История физики. Ч. 2: Пер. с нем. – М.-Л.: ОНТИ, 1937. – 311 с.
47. Русанов К.В., Русанова Е.Г. Итоги программы мониторинга рынка медицинских термометров в 1997-2001 гг. 1. Розничное предложение и цены в аптеках г. Харькова // Провизор, 2002, № 24, с. 41-42.
48. Русанов К.В., Русанова Е.Г. Итоги программы мониторинга рынка медицинских термометров в 1997-2001 гг. 2. Оптовое предложение и цены в прайс-листах изданий «Аптека» и «Провизор» // Провизор, 2003, № 1.
49. Русанов К.В., Тюрина Е.Г. Предложения медицинских термометров для измерения температуры тела на региональном оптовом рынке Харькова в 1997 году // Провизор, 1998, № 24, с. 12-13.
50. Светлова Н. Экспертиза. Больной градусник // <http://www.mk.ru/numbers/573/article17199.htm> (15.09.2003).
51. Современные Соединенные Штаты Америки: Энцикл. справочник. — М.: Политиздат, 1988. — 542 с.
52. Соколов Л.С. Ртуть в окружающей среде Московского региона // Эколого-геохимические проблемы ртути. – М.: ИМГРЭ, 2000, с. 90-95.
53. Сорокина Т.С. История медицины. – М.: ПАИМС, 1994. – 384 с.
54. Состояние окружающей среды Московской области в 1999 году: Государственный доклад. – М.: Мособлкомприрода, 2000. – 148 с.
55. Справочник по профессиональной патологии. – Л.: Медицина, 1981. – 376 с.
56. Степанов Н.А. Гигиеническое исследование опасности для здоровья человека в связи загрязнением заводской и окружающей среды ртутью от производства люминесцентных ламп: Дис. ... канд. мед. наук. – СПб., 1997.
57. Степанова Н.И. Демеркуризация озонированием // Медицина труда и промышленная экология, 1994, № 2, с. 34-36.
58. Укрупненные нормы водопотребления и водоподготовки для различных отраслей промышленности. – М.: Стройиздат, 1978. – 590 с.
59. Устюгов Б. Может ли официальная экология остановить браконьерствующий завод? / Известия, 17 июля 2002 г. // <http://www.seu.ru/members/ucs>.
60. Фурсов В.З. Ртутная атмосфера природных и антропогенных зон // Геохимия, 1997, № 6, с. 644-652.
61. Фурсов В.З. Возможности ртутметрии. – М.: ИМГРЭ, 1998. – 188 с.
62. Цифровые медицинские термометры OMRON: практические характеристики // <http://provisor.kharkov.ua/archive/1998/№24/omron...> (15.01.2002).
63. Чеботарюк Г.А., Черносорец Т.С., Шандра А.А. Случаи отравления ртутью и ее соединениями в судебно-медицинской практике // 1-й съезд судебных медиков Украины. – Киев, 1987, с. 162-163.
64. «Челябинский рабочий» (19.05.99) // <http://www.chrab.chel.su/archive/19-05-99/3/SHORTY...>
65. Черных Л.П., Моржухина С.В. Экологическое состояние малых рек Сестра и Дубна – притоков верхней Волги // Мат-лы Междунар. научн. конф.

«Великие реки – аттракторы локальных цивилизаций», Дубна, 10-12 июля 2002 г. - Дубна: МУП, 2002, с. 123-124.

66. *Шевелева О.* Мифы и легенды российской ртути // *Спасение*, 2001, № 20, с. 5.

67. *Шостын Н.А.* Очерки истории русской метеорологии. XI – начало XX века. – М.: Изд-во стандартов, 1975. – 272 с.

68. *Янин Е.П.* Ртуть в окружающей среде промышленного города. – М.: ИМГРЭ, 1992. – 169 с.

69. *Янин Е.П.* Специфический источник поступления загрязняющих веществ в жилые помещения // *Медицина труда и промышленная экология*, 1995, № 10, с. 39-40.

70. *Янин Е.П.* Специфический источник поступления ртути в жилые помещения // *Ртуть. Комплексная система безопасности. Сборник мат-лов научн.-техн. конф.* – СПб., 1996, с. 45-48.

71. *Янин Е.П.* Техногенные геохимические ассоциации в донных отложениях малых рек (состав, особенности, методы оценки). – М.: ИМГРЭ, 2002. – 52 с.

72. *Янин Е.П.* Русловые отложения равнинных рек (геохимические особенности условий формирования и состава). – М.: ИМГРЭ, 2002. – 139 с.

73. *Янин Е.П.* Техногенные речные илы в зоне влияния промышленного города (формирование, состав, геохимические особенности). – М.: ИМГРЭ, 2002. – 100 с.

74. *Янин Е.П.* Тяжелые металлы в малой реке в зоне влияния промышленного города. – М.: ИМГРЭ, 2003. – 89 с.

75. *Янин Е.П.* Техногенные илы в реках Московской области (геохимические особенности и экологическая оценка). – М.: ИМГРЭ, 2004. – 95 с.

75а. Экологическое состояние малых рек Верхнего Поволжья. – М.: Наука, 2003. – 389 с.

76. <http://www.kurs-n.nnov.ru/09.07.99/26-16-1.html> (27.01.2003).

77. <http://www.mail.ru/news.html?167394> (16.12.2003).

78. <http://www.nabludatel.tu/lenta.htm?act=archiv&year...> (22.11.2003).

79. <http://www.rambler.ru/db/news/msg.html> (16.01.2002).

80. <http://www.rambler.ru/db/news/msg.htm> (26.08.2002).

81. <http://www.rambler.ru/db/news/msg.html> (11.11.2002).

82. <http://www.rambler.ru/db/news/msg.html?mid=3251748...>

83. <http://www.slachfiction.ru/forum/index.php?action=...> (09.08.2003).

84. <http://www.thermopribor.com>.

85. <http://www.uvtb.ru/scripts/servinfo.dll...>

86. <http://www.v-uralexpo.ru/exh/med/med3.html> (20.11.2003).

87. http://www.zdrav.spb.ru/official_documents/KZ/raspreg/2000/134p_2000.htm.

88. *Hudson P.J., Vogt R.L., Brondum J. et al.* Elemental mercury exposure among children of thermometer plant workers // *Pediatrics*, 1987, 79, № 6, p. 935-938.

89. Locating and Estimating air emissions from sources of mercury and mercury compounds. EPA-454/R-97-012, 1997.

90. Mercury Study Report to Congress (U.S. EPA). V. II, 1997.

91. Microlife - Ваш партнер на всю жизнь // <http://aptekaperesvet.ru/info/issue>.

92. Morzhukhina S.V., Uspenskaya V.V., Chermnkh L.P. et al. Nuclear and related analytical techniques in the vicinity of antropogenic impact on the Sestra river in the vicinity of the town of Klin (Moscow region, Russia). – Препринт ОИЯИ, 2001, с. 1-6.
93. Substances Flow Analysis of Mercury on Product, 2001.
94. Suzuki Tsuguyoshi, Himeno Sei-ichiro, Hongo Tetsuro et al. // Mercury-selenium interaction in workers exposed to elemental mercury vapor // J. Appl. Toxicol., 1986, 6, № 3, p. 149-153.
95. Zampollo A., Baruffini A., Cirila A.M. et al. Subclinical inorganic mercury neuropathy: neurophysiological investigations in 17 occupationally exposed subjects // Ital. J. Neurol. Sci., 1987, 8, № 3, p. 249-254.
96. Zampollo A., Baruffini A., Pisati G., Terzaghi F. Subclinical neuropathy due to elemental mercury: electrophysiologic findings in 17 subjects // Electroencephalogr. and Clin. Neurophysiol., 1987, 66, № 5, p. 114.

Содержание

Предисловие.....	3
Краткая история ртутного термометра.....	5
Производство термометров и использование ртути.....	8
Особенности технологического процесса изготовления термометров и основные источники эмиссии ртути.....	12
Эмиссия ртути при производстве термометров.....	15
Профессиональное воздействие ртути.....	20
Ртуть в окружающей среде в зоне влияния производства термометров.....	22
Российский рынок термометров.....	30
Эмиссия ртути при использовании термометров.....	34
Проблемы рационального использования и утилизации ртутных термометров.....	42
Литература.....	50

Янин Евгений Петрович
Ртутные термометры: экологические аспекты производства,
использования и утилизации

Подписано к печати 04.06.04.
Формат 60 х 90 1/16. Уч. изд. л. 3,5.
Тираж 100. Заказ
Полиграфическая база ИМГРЭ.