

# ТЕХНІЧНІ НАУКИ

DOI: <https://doi.org/10.32839/2304-5809/2019-4-68-45>

УДК 66.03

Гринь С.А., Дреева А.С., Кызынгашева А.А., Василенко А.А.

Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»

## УТИЛИЗАЦИЯ РТУТНЫХ ТЕРМОМЕТРОВ

**Аннотация.** В данной статье изучены и проанализированы проблемы утилизации и ликвидации ртуть-содержащих приборов. Охарактеризованы три наиболее распространенных способа утилизации ртутных термометром. Рассматриваются вопросы негативного влияния ртутных паров на окружающую природную среду и на здоровье человека. Детально описаны основные виды отравления парами ртути. Наиболее опасными являются острые отравления ртутью, которые в некоторых случаях могут привести к летальным последствиям. Приведены различные способы утилизации ртутных термометров. В особенности, амальгирование является самым эффективным методом утилизации ртути. Указаны всевозможные аналоги ртутных термометров и их отличительные особенности. Для этого в материалах статьи приведена таблица «Особенности аналоговых термометров».

**Ключевые слова:** ртутный термометр, ядовитые пары, окружающая природная среда, испарение, ртутьсодержащие отходы, утилизация.

Gryn Svitlana, Dreieva Anna, Kyzynhasheva Anastasiia, Vasilenko Anton

National Technical University «Kharkiv Polytechnical Institute»

## MERCURY THERMOMETER DISPOSAL

**Summary.** The problems of utilization and liquidation of mercury-containing devices are investigated. In process of writing the article the stages of development of mercury-containing thermometers in world history were studied. The structure of the mercury device and principle of operation of the thermometers were presented. Physical, chemical and mechanical properties of mercury were characterized. The questions of negative impact on the environment and human health by mercury vapor are reviewed. Effect on the human body in contact with mercury by any means, as well as existing types of reflection (acute poisoning of mercury vapor, chronic poisoning of mercury vapor, micromercurism) from it were reviewed in detail. In humans, approximately 80% of inhaled mercury vapor is retained. The possibility of mercury-containing substances in the soil and water bodies is indicated. The disposal methods and recycling wastes of mercury-containing namely home disposal, disposal at specialized collection points and industrial scale utilization devices are given. As an example, some streets of the city Kiev were given the reception points for mercury thermometers, batteries, fluorescent lamps are available. In the article demercurization methods were described (amalgamation, firing at high temperatures, thermal method, chemical and metallurgical methods). Minamat Convention, the purpose of which was to minimize mercury in industry and in everyday life was presented. The countries that took part in signing the convention, as well as those that have been drafted were indicated as a percentage. Every possible analogs namely electronic, galinstanov and infrared of mercury thermometers and their distinctive features are indicated. Advantages and disadvantages of all types of thermometers, including mercury thermometers, were characterized.

**Keywords:** mercury thermometers, poisonous fumes, environment, evaporation, mercury-containing.

**Постановка проблемы.** Человек в современном мире живет в окружении умных и полезных вещей, но не редко эти вещи представляют угрозу, как для здоровья самого человека, так и для окружающей природной среды.

Одной из таких бытовых опасностей является обычный ртутный термометр для измерения температур. К главным его преимуществам относится абсолютная точность измерения с минимизацией погрешностей. Именно это преимущество и сделало ртутные термометры настолько популярными, что в мире нанотехнологий некоторые страны не могут отказаться от этой разновидности измерительных приборов.

Невозможно установить точную дату и имя изобретателя ртутного термометра, по той причине, что над проблемой измерения температуры в одно и то же время работали много ученых шестнадцатого столетия. Однако считается, что история начала измерения температуры началась в 1592 году, когда Галилео Галилей изобрел

прибор, назвав его термоскопом. На основе этого прибора в будущем был спроектирован ртутный термометр.

При механическом разрушении ртутного термометра, содержащего 80 мг ртути, образуется свыше 11 тыс. шариков ртути диаметром 0,01 см с общей суммарной поверхностью 3,53 см. Скорость испарения металлической ртути в спокойном воздухе при температуре окружающей среды 20°C составляет 0,002 мг с 1 см в час, а при 35-40°C на солнечном свету увеличивается в 15-18 раз и может достигать 0,036 мг/см в час. Этого количества ртути достаточно для того, чтобы загрязнить до уровня ПДК помещение объемом в 300000 м<sup>3</sup>.

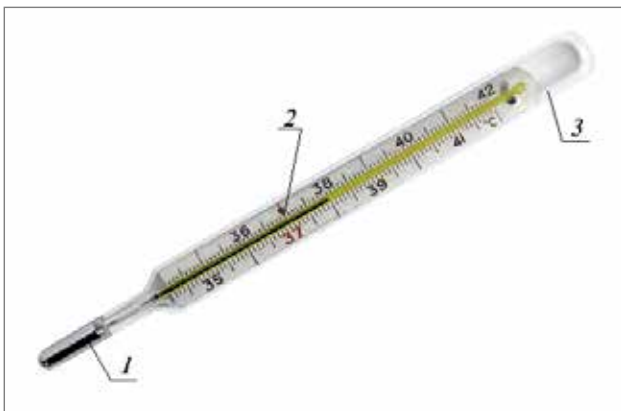
Пары ртути имеют способность испаряться в течении нескольких лет и накапливаться в организме человека, приводя к необратимым физико-химическим процессам. Поэтому утилизация этих измерительных приборов проводится в отдельных пунктах приема, с использованием различных способов нейтрализации паров ртути.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Поиском наиболее оптимальных путей решения проблемы, освещенной в данной статье, также занимались: А.А. Кипко [1]; Дж.О. Бокрис [4]; С.И. Кузьмин, А.В. Бойко, Н.А. Кульбеда, Г.И. Глазанева [5]; В.М. Борщенко [8] и многие другие.

**Целью** нашей работы является исследование вопроса безопасности использования ртутных термометров, выявление и обоснование наиболее эффективного комплекса мероприятий по их утилизации, а также изучение негативного влияния паров ртути на организм человека и окружающую природную среду.

**Изложение основного материала.** Ртутный термометр представляет собой стеклянный корпус (3), который запаян с двух сторон. Благодаря этому в корпусе образуется абсолютный вакуум. Нагревание ртутного резервуара (1) происходит за счет прикосновения его непосредственно с кожей. В результате чего, ртуть расширяется, это приводит к тому, что она начинает подниматься до момента максимума. Достигнув момента, она затвердевает.

Скорость процесса составляет 7-10 минут. Количество ртути в резервуаре равняется 1-1,5 грамм. При разрушении корпуса, такое количество ртути способно отравить около 6 000 м<sup>3</sup> воздуха. Следовательно, для предотвращения нарушения герметичности оболочки, необходимо ртутьсодержащие приборы хранить в недоступных для детей местах [6].



**Рис. 1. Строение ртутного термометра:**  
1 – ртутный резервуар; 2 – шкала (по Цельсию);  
3 – стеклянный корпус

Ртуть представляет собой серебристо-белую жидкость, пары которой чрезвычайно ядовиты. Она является одним из двух химических элементов (и единственным металлом), которые при нормальных условиях находятся в жидком агрегатном состоянии. Сама по себе ртуть – слабоактивный металл. При повышении температуры выше 300°C ртуть реагирует с кислородом, образуя оксид ртути. Пары ртути можно охарактеризовать следующим образом: бесцветные, без вкуса и запаха, их выявление в составе воздуха возможно лишь с использованием специального оборудования.

Однако, несмотря на высокую токсичность, ртуть используется во многих приборах от люминесцентных ламп и ртутных термометров

в быту, до ртутьсодержащего оборудования на промышленных предприятиях. При нарушении герметичности таких приборов возникает угроза здоровью человека.

Попадая в организм, ртуть оказывает негативное влияние на все основные органы жизнедеятельности человека, блокируя циркуляцию сульфогидрильных групп белковых соединений. При нарушении белковых циклов, нарушается белковый обмен и ферментативная деятельность человеческого организма. Особенно сильно она поражает выделительную и нервную системы. При воздействии ртути возможны острые (проявляются быстро и резко, обычно при больших дозах) и хронические (влияние малых доз ртути в течение относительно длительного времени) отравления. Пары и неорганические соединения ртути вызывают контактный дерматит. При вдыхании ртутные пары поглощаются и накапливаются в мозге и почках. В организме человека задерживаются примерно 80 % вдыхаемых паров ртути. Полное всасывание метилртути происходит в желудочно-кишечном тракте человека [1; 2].

Выделяют следующие виды отравлений ртутью:

- *острые отравления парами ртути:* обычно симптомы острого отравления парами ртути проявляются уже через несколько часов после начала отравления – общая слабость, отсутствие аппетита, головная боль, боли при глотании, металлический вкус во рту, слюнотечение, набухание и кровоточивость десен, тошнота и рвота; как правило, появляются боли в животе, слизистый понос (иногда с кровью). Нередко наблюдается воспаление легких, катар верхних дыхательных путей, боли в груди, кашель, одышка, иногда озноб [3; 4];

- *хронические отравления парами ртути:* при хронических отравлениях в первую очередь поражается центральная нервная система. В зависимости от типа нервной системы первые признаки могут быть различны: повышенная утомляемость, сонливость, общая слабость, головные боли, головокружения, апатия [5];

- *микримеркуриализм:* признаками этого вида отравления является тремор пальцев, кровоточивость десен, а также катаральные явления верхних дыхательных путей [6; 7].

Попадая в окружающую природную среду, ртуть накапливается в водоемах и почвах. Под влиянием микроорганизмов, ртуть с неорганического вещества окисляется до органического, а именно метилртути. Последствием этого служит торможение процессов самоочищения водных объектов.

Метилртуть, отличаясь высокой растворимостью и испаряемостью, улетучивается из воды в атмосферу, откуда вместе с дождевыми осадками возвращается в водоемы и в почву, завершая, таким образом, локальный круговорот ртути. Уровни ртути, особенно в верхних горизонтах почв, увеличиваются в десятки, сотни раз, иногда даже в тысячи раз. В почвах ртуть активно аккумулируется гумусом, глинистыми частицами, может мигрировать вниз по почвенному профилю и поступать в грунтовые и подземные воды, поглощаться растительностью, в том числе сельскохозяйственной, а также выделяться в виде паров и в составе пыли в атмосферу. Использование

загрязненных ртутью вод из водоемов для орошения сельскохозяйственных угодий приводит к ее накоплению в сельхозпродукции до уровней, превышающих ПДК. При сильном загрязнении почв концентрации паров ртути в воздухе могут достигать опасных для человека величин. Ртуть во всех видах (особенно, метилртуть) относится к веществам, которые накапливаются в пищевой цепи. Это значит, что в каждом последующем организме содержание метилртути во много раз выше, нежели в предыдущем.

Плавно переходя к вопросу об утилизации ртути, важно выделить три основных способа переработки ртутьсодержащих отходов, а именно ртутных термометров:

- утилизация в домашних условиях;
- утилизация в специализированных пунктах приема;
- утилизация ртути в промышленных масштабах.

Самостоятельная ликвидация ртутных термометров – это не лучший способ обезопасить себя от ее токсичного воздействия. Однако, если придерживаться четкого алгоритма, можно снизить риск отравления к наиболее минимальным показателям. Во-первых, для безопасного удаления ртутных шариков с поверхности, желательнее использовать сначала кисточку, а затем влажную фильтрованную бумагу. Далее ртуть нужно поместить в герметичную емкость и осуществить ее утилизацию. Во-вторых, обязательно после всех манипуляций, нужно провести влажную уборку и проветривание помещения.

С недавнего времени во многих областных центрах Украины, были установлены специальные пункты приема ртутных термометров, батареек, а также люминесцентных ламп. Например, с января 2018 года Київкомунсервіс установил 2 контейнера для сбора батареек, ртутных термометров и энергосберегающих ламп на ул. Ярослав Вал, 19 и Малай Житомирской, 11 [9].

Существует множество вариантов переработки ртути и ртутьсодержащих отходов, но все они основываются на четырех основных методах деме́ркуризації:

- *Амальгирование.* Ртуть, находящуюся в жидком состоянии, переводят в ртутные сплавы (амальгамы), применяя при этом такие металлы, как цинк, золото, медь и др. При этом происходит снижение выделения ртутных паров;

- *Обжиг при высоких температурах.* Ртутьсодержащие отходы проходят процесс обжига, при этом отходящие газы очищаются от паров ртути [5];

- *Термический метод.* Ртутные отходы прокаливаются в специальных установках, где осуществляется испарение ртути и конденсация ее паров. Либо осуществляется прямая дистилляция ртути для ее последующей регенерации.

- *Химико-металлургический метод.* Можно сказать о том, что учитывая высокую токсичность ртути, необходимо создание универсального способа переработки отходов, содержащих этот металл.

На сегодняшний день практически невозможно найти страну, которая будет заниматься производством ртутьсодержащих приборов (ртутные термометры и приборы для измерения давления, люминесцентные лампы). Это обусловлено тем, что в 2013 году была создана Минаматская конвенция в г. Кумамото. Суть которой заключалась в том, чтобы к 2020 году минимизировать использование ртути как в промышленности, так и в быту. На рис. 2 приведена диаграмма результатов проведенной конференции.

Из представленной диаграммы можно заметить, что из 251 существующих стран только 128 подписали конвенцию, и только 73 ее ратифицировали. Оставшиеся страны не могут себе этого позволить. За 6 лет существования данной конвенции, многим странам удалось ликвидировать значительное количество ртутьсодержащих приборов, а также противостоять появлению новых. Так, например, Китай смог сократить количество ртутных термометров до 3 миллионов (в первом квартале 2013 года насчитывалось близко 11 миллионов).

Все вышеперечисленное является официальными данными, а что касательно не официальных, то количество ртутьсодержащих приборов в странах значительно больше. Это явление существует по многим причинам:

- не нарушена герметичность оболочки;
- погрешность ртутных термометров меньше, чем у аналогов;
- недостаточное количество пунктов приема;
- неразвитые технологии утилизации.

С проблемой утилизации и ликвидации ртутьсодержащих приборов нередко сталкиваются страны, которые развиваются в связи отсутствия денежных средств и новых технологий. Без вмешательства развитых стран, данную проблему колоссально не удастся решить [6; 7].

С целью уменьшения негативного влияния на окружающую природную среду и сохранения здоровья человека, были разработаны и внедрены в общество аналоги ртутных термометров (галваностановые, электронные и инфракрасные).

**Выводы и перспективы.** Анализ вышеперечисленных материалов, касающихся использования и утилизации ртутных термометров, позволяет сделать вывод о необходимости минимизации использования термометров данного класса, по причине высокой токсичности, содержащейся в них ртути. Ртутные отходы, попадая в окружающую природную среду, несут в себе необычайно высокую угрозу, как для самой среды, так и для здоровья человека в целом. Утилизировать ртутные

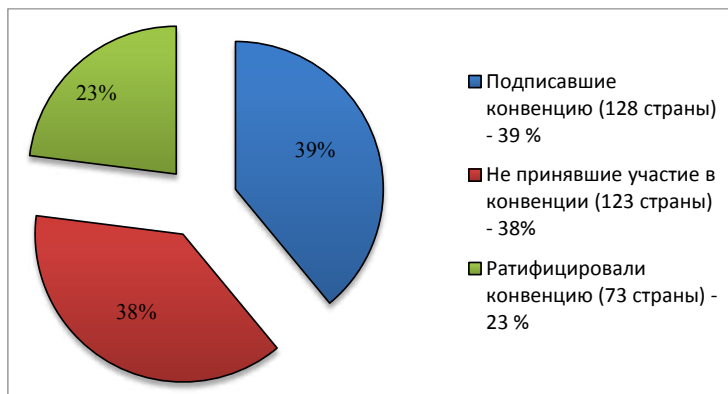


Рис. 2. Диаграмма дифференциации итогов конференции

Таблица 1

## Особенности аналоговых термометров

№ п/п	Разновидности ртутных термометров	Преимущества	Недостатки
1	Электронные	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Безопасность</li> <li>• Сменная шкала (Цельсий-Фаренгейт)</li> <li>• Скорость измерения</li> <li>• Универсальность использования</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Невозможность дезинфекции прибора;</li> <li>• Необходимость значительного количества времени при измерении температуры в подмышечной впадине; <ul style="list-style-type: none"> <li>• Замена батареи;</li> </ul> </li> <li>• Необходимость четкого следования инструкции; <ul style="list-style-type: none"> <li>• Дороговизна [8; 9]</li> </ul> </li> </ul>
2	Галинстановые	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Отсутствие ртути;</li> <li>• Максимальная точность измерения;</li> <li>• Доступность</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Небольшой срок эксплуатации;</li> <li>• Сложность в сбивании показаний;</li> <li>• Требуется плотно прижимать термометр к телу [7]</li> </ul>
3	Инфракрасные	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Безопасность;</li> <li>• Скорость измерения (1-2 секунды); <ul style="list-style-type: none"> <li>• Удобство;</li> </ul> </li> <li>• Возможность хранения последнего измерения</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Дороговизна;</li> <li>• Вариативность измерений для точности; <ul style="list-style-type: none"> <li>• Регулярность калибровки;</li> </ul> </li> <li>• Погрешность температуры на 0,5°C</li> <li>• Определенные для измерения участки тела (ушная раковина, лоб, виски) [6; 9]</li> </ul>

термометры лучше всего в специализированных пунктах приема, которые в настоящее время набирают все большего распространения. Домашняя утилизация ртутных термометров является малоэффективной и способствует лишь еще большему распространению жидкого металла, а так-

же его испарению. Можно говорить об успешности внедрения аналогов ртутных термометров и о дальнейшей их популяризации.

Изложенный материал открывает перспективу полного исключения ртутьсодержащих термометров и успешном использовании его аналогов.

## Список литературы:

1. Кипко А.А. Обращение с ртутьсодержащими отходами. *Молодой ученый*. 2016. № 19. С. 202–204.
2. Переработка ртути в Харькове. URL: <https://www.057.ua/news/2238614/pererabotka-rtuti-v-harkove-ekologirasskazali-pocemu-takoe-predpriatie-ne-mozet-nahoditsa-v-certe-goroda> (дата обращения: 23.03.2019).
3. Как утилизировать ртуть и ртутьсодержащие отходы. URL: <https://vtorothody.ru/utilizatsiya/rtuti.html> (дата обращения: 24.03.2019).
4. Бокрис Дж.О. Химия окружающей среды. Москва, 1982. С. 21–26.
5. Кузьмин С.И. Оценка воздействия ртути на окружающую среду в Республике Беларусь. Минск, 2012. С. 15–55.
6. Как устроен ртутный градусник. URL: <http://www.kudagradusnik.ru/index.php/novosti-ekologii-kratkomenyu/7273-kak-ustroen-rtutnyj-gradusnik.html> (дата обращения: 27.03.2019).
7. Преимущества и недостатки разнообразных термометров градусник. URL: <https://medsklad.com.ua/articles> (дата обращения: 27.03.2019).
8. Борщенко М.В. Какой градусник лучше: ртутный или электронный. *Комсомольская правда*. 2014. № 29. С. 51–53.
9. Электронный градусник: преимущества и недостатки. URL: <http://www.paygid.ru/articles/elektronniy-gradusnik-termometr-preimushchestva-i-nedostatki?q=726&n=837> (дата обращения: 28.03.2019).

## References:

1. Kipko A.A. (2016). Obrashchenie s rtut'soderzhashchimi othodami [Treatment of mercury-containing waste]. *Young scientist*, vol. 3, no. 19, pp. 202–204.
2. Pererabotka rtuti v Har'kove. Available at: <https://www.057.ua/news/2238614/pererabotka-rtuti-v-harkove-ekologirasskazali-pocemu-takoe-predpriatie-ne-mozet-nahoditsa-v-certe-goroda> (accessed 23 March 2019).
3. Kak utilizirovat' rtut'soderzhashchie othody. Available at: <https://vtorothody.ru/utilizatsiya/rtuti.html> (accessed 24 March 2019).
4. Bokris Dzh.O. (1982). Himiya okruzhayushchej sredy [Environmental chemistry]. Moskov : Chemistry. (in Russian)
5. Kuz'min S.I., Vojko A.V., Kul'beda N.A., Glazaneva G.I. (2012). Ocenka vozdejstviya rtuti na okruzhayushchuyu sredyu v Respublike Belarus' [Environmental impact assessment of mercury in the Republic of Belarus]. Minsk : Ecology. (in Republic of Belarus)
6. Kak ustroyen rtutnyj gradusnik. Available at: <http://www.kudagradusnik.ru/index.php/novosti-ekologii-kratkomenyu/7273-kak-ustroen-rtutnyj-gradusnik.html> (accessed 27 March 2019).
7. Preimushchestva i nedostatki raznobraznyh termonetrov gradusnik. Available at: <https://medsklad.com.ua/articles> (accessed 27 March 2019).
8. Borshchenko M.V. (2014). Kakoj gradusnik luchshe: rtutnyj ili elektronnyj [Which thermometer is better: mercury or electronic]. *Komsomolskaya Pravda*, vol. 2, no. 29, pp. 51–53.
9. Elektronnyj gradusnik: preimushchestva i nedostatki. Available at: <http://www.paygid.ru/articles/elektronniy-gradusnik-termometr-preimushchestva-i-nedostatki?q=726&n=837> (accessed 28 March 2019).