

Опасные свойства ртутьсодержащих отходов (РСО)

1. Общие сведения об отходе

Наиболее распространённым видом ртутьсодержащих отходов на сегодняшний день являются отработанные ртутьсодержащие лампы. Доля отработанных ртутьсодержащих ламп в общем объёме образования ртутьсодержащих отходов составляет более 95 %.

Ртутные лампы и люминесцентные ртутьсодержащие трубки различаются по размерам, форме, мощности и спектру излучения, отличаются повышенной световой отдачей по сравнению с лампами накаливания, более естественным спектральным составом излучения, небольшим потреблением энергии и очень длительным сроком службы. Лампы люминесцентные низкого давления (ЛБ, ЛД) предназначены для освещения закрытых помещений. Газоразрядные лампы высокого давления (дуговые ртутные лампы с люминофором – ДРЛ) применяются для освещения больших производственных площадей, улиц и открытых пространств, где не предъявляются высоких требований к цветопередаче.

В соответствии с Приказом Росприроднадзора от 18.07.2014 № 445 «Об утверждении федерального классификационного каталога отходов» отход «лампы ртутные, ртутно-кварцевые, люминесцентные, утратившие потребительские свойства» имеет код 4 71 101 01 52 1 и относится к отходам 1 класса опасности – чрезвычайно опасным отходам.

Степень вредного воздействия отходов 1 класса опасности на окружающую среду очень высокая. При их воздействии на окружающую среду экологическая система нарушается необратимо. Период ее восстановления отсутствует.

Агрегатное состояние отхода – готовое изделие, потерявшее потребительские свойства.

Опасные свойства отхода – токсичность.

Ртутьсодержащие лампы и термометры представляют особую опасность с позиций локального загрязнения окружающей среды токсичной ртутью.

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 свете 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 м³. Достаточно в небольшом помещении (~16-20 м²) разбить всего один ртутный термометр и не провести тщательную демеркуризацию, чтобы работающий в этом помещении персонал с течением времени получил хроническое отравление ртутью.

При механическом разрушении одной ртутной лампы, содержащей 20 мг паров ртути, непригодным для дыхания становится 5000 м³ воздуха.

Даже в концентрациях, в тысячи раз превышающих ПДК, пары ртути не обладают цветом, вкусом или запахом, не оказывают немедленного раздражающего действия на органы дыхания, зрения, кожный покров, слизистые оболочки и т.д., их наличие в воздухе можно обнаружить только с помощью специальной аппаратуры. По этой причине персонал, работающий в отравленных ртутью помещениях, длительное время не подозревает об этом даже при проявлениях симптомов хронического отравления ртутью, часто до тех пор, пока признаки серьезного отравления не станут явными или резко выраженными.

В воздухе ртуть способна находиться не только в форме паров, но и в виде летучих органических соединений, а также в составе атмосферной пыли и аэрозолей твердых частиц. Ртуть легко проникает сквозь строительные материалы (различные бетоны и растворы, кирпич, строительные плитки, линолеум, мастики, лакокрасочные покрытия и др.) и легко сорбируется из воздуха отделочными и декоративными материалами: тканями, ковровыми и деревянными изделиями, бетоном и др., откуда при изменении условий (механическое воздействие, повышение температуры и т.д.) в результате процесса десорбции она снова попадает в помещение. Серьезную опасность представляет «залежная» (депонированная) ртуть, которая скапливается (депонируется) под полом, в щелях и т.д. Она является источником вторичного заражения помещения.

Ртуть растворяется в органических растворителях и воде, особенно при отсутствии свободного кислорода. Минимальная растворимость наблюдается при $pH \approx 8$, с увеличением кислотности или щелочности воды растворимость ртути увеличивается. Слой воды, масла, глицерина и других жидкостей, налитых поверх ртути, не препятствует ее испарению. Этот факт объясняется тем, что растворимость ртути во многих жидкостях хотя и ничтожно мала, все же выше, чем в воздухе: растворимость ртути в воде при 25°C составляет 60 мг/м³, что в три раза превышает концентрацию ее насыщенных паров в воздухе при той же температуре (20 мг/м³).

Под воздействием факторов окружающей среды ртуть легко преобразуется в ртутьсодержащие органические соединения, в которых атомы металла прочно связаны с атомами углерода. Химическая связь углерода и ртути очень устойчива. Она не разрушается ни водой, ни слабыми кислотами, ни основаниями и определяет токсикологическую опасность ртути в условиях окружающей среды. В связи с высоким химическим сродством ртути (II) и ее органических соединений к биомолекулам наиболее токсичными соединениями ртути являются ее органические соединения с короткой цепью (прежде всего, метилртуть).

Ртуть весьма агрессивна по отношению к различным конструкционным материалам, так как при взаимодействии с металлами, которые ртуть смачивает образуются амальгамы, вызывающие жидкометаллическое охрупчивание конструкций (особенно алюминиевых сплавов), что приводит к коррозии и

разрушению производственных объектов и транспортных средств.

2. Воздействие соединений ртути на окружающую среду

В окружающей среде ртуть – редкий элемент. Ее средние содержания в земной коре и основных типах горных пород оцениваются в 0,03-0,09 мг/кг, т. е. в 1кг породы содержится 0,03-0,09 мг ртути, или 0,000003-0,000009% от общей массы (для сравнения – одна ртутная лампа в зависимости от конструкции содержит от 20 до 560 мг ртути, или от 0,01 до 0,50% от массы).

Поступающие в окружающую среду из техногенных источников ртуть и ее соединения подвергаются в ней различным преобразованиям: неорганические формы ртути в результате окислительно-восстановительных процессов переходят в органические (метилртуть). Превращение ртути в метилртуть (метилирование) в окружающей среде происходит в самых различных условиях: в присутствии и отсутствии кислорода, разными бактериями, в атмосферном воздухе, в различных водоемах и в почвах. Пары ртути окисляются в воде с формированием комплексных соединений с органическим веществом. В поверхностных водах ртуть мигрирует в двух основных фазовых состояниях – в растворе вод (растворенные формы) и в составе взвеси (взвешенные формы). Под влиянием микроорганизмов неорганическая ртуть превращается в органическую (этил- и метилртуть), которая и накапливается в гидробионтах. Начиная с концентраций 0,01-0,5 мг/л ртуть тормозит процессы самоочищения водоемов. Важнейшими аккумуляторами ртути являются взвесь и донные отложения водных объектов. Наиболее высокими концентрациями ртути характеризуется ил, активно накапливающийся в реках и водоемах, куда поступают сточные воды. Уровни содержания ртути в них достигают 100-300 мг/кг и больше (при фоне до 0,1 мг/кг). Особенно интенсивно процессы метилирования протекают в верхнем слое богатых органическим веществом донных отложений водоемов, во взвешенном в воде веществе, а также в слизи, покрывающей рыбу. Метилртуть, обладая, высоким сродством к биологическим молекулам, чрезвычайно активно накапливается всеми живыми организмами. Факторы биоконцентрирования, т. е. отношения содержания метилртути в тканях рыб к ее концентрации в воде, могут достигать 10000 - 100000. Загрязнение водоемов ртутью вызывает отравления водных животных и крайне опасно для человека из-за накопления ее соединений в пищевых гидробионтах.

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.

3. Воздействие соединений ртути на здоровье человека

Основные пути воздействия ртути на человека связаны с воздухом (дыхание), пищевыми продуктами, питьевой водой, через кожу, при нахождении в загрязненной ртутью атмосфере и купании в загрязненной воде.

Ртуть принадлежит к числу тиоловых ядов, блокирующих сульфгидрильные группы белковых соединений и этим нарушающих белковый обмен и ферментативную деятельность организма. Особенно сильно она поражает нервную и выделительную системы. Распределение ртути в организме человека зависит от ее состояния: элементарная ртуть Hg^0 (пары ртути), неорганический ион Hg^{2+} , ион метилртути $\text{CH}_3\text{-Hg}^+$. Все они имеют высокое сродство по отношению к клеткам мозга и почек, воздействуя на них. Поступающая ингаляционно (при дыхании) элементарная ртуть Hg^0 и принимаемый перорально (например, с пищей или водой) ион метилртути $\text{CH}_3\text{-Hg}^+$ накапливаются в центральной нервной системе, сильнее, чем неорганический ион Hg^{2+} . Пары и неорганические соединения ртути способны вызывать контактный дерматит. При вдыхании ртутные пары поглощаются и активно накапливаются в мозге и почках. В организме человека задерживаются примерно 80% вдыхаемых паров ртути. В желудочно-кишечном тракте происходит практически полное всасывание органических соединений ртути. Многие формы ртути способны проникать в организм человека через кожу. Очень токсичны органические производные ртути, в которых атомы металла связаны с атомами углерода. Важнейшие признаки отравления ими – тяжелое поражение центральной нервной системы, атаксия (расстройство согласованности в сокращении различных групп мышц), нарушение зрения, парестезия (ощущения онемения, покалывания, ползания мурашек и т. п.), дизартрия (расстройство речи), нарушение слуха, боль в конечностях. Эти явления практически необратимы и требуют чрезвычайно длительного лечения с целью хотя бы небольшого их снижения. Высокая токсичность органических соединений ртути, даже при поступлении в организм малых количеств в течение длительного периода времени, обусловлена их липидорастворимостью (липиды – жироподобные вещества, входящие в состав всех живых клеток), что позволяет им легче проходить через биологические мембраны, проникать в головной и спинной мозг, в периферические нервы, а также пересекать плацентарный барьер и накапливаться в плоде, попадать в грудное молоко, накапливаясь до опасных уровней в крови детей. Органические соединения ртути полностью разрушают

нервные клетки центральной нервной системы.

Ртуть в любом своем состоянии обладает кумулятивными свойствами (накапливается в организме в течение всей жизни) и наряду с общетоксическим действием (отравлением всего организма) оказывает гонадотоксический (воздействие вещества на половые железы приводящее к бесплодию и импотенции), эмбриотоксический (действие вещества на организм плода при внутриутробном развитии, вызывающее гибель плода или врожденные заболевания новорожденных), тератогенный (действие вещества на организм человека в стадии внутриутробного развития, приводящее к ненаследуемому уродству), мутагенный (действие вещества на организм человека в стадии внутриутробного развития, вызывающее наследуемые мутационные изменения в организме), иммунодепрессивный (действие вещества, приводящее к снижению иммунитета, развитию вторичного иммунодефицита) и канцерогенный (вызывающий заболевания раком) эффекты.

Реакция основных систем организма человека на токсическое действие ртути:

Нервная система. Ртутная неврастения: эмоциональная неустойчивость, повышенная утомляемость, снижение памяти, нарушение сна. Тремор пальцев рук, лабильность пульса, склонность к тахикардии, неустойчивость сердечно-сосудистых реакций, повышенная потливость. Ртутный эретизм: постоянные головные боли, бессонница, раздражительность, плаксивость, депрессия.

Астено-вегетативный, астеноневрастический синдромы: нарушение эмоциональной сферы – волнение, выраженная сосудистая реакция, покраснение лица, сердцебиение, постоянный тремор рук, нередко судороги в ногах. Функциональные изменения нервной системы при хронической ртутной интоксикации могут быть охарактеризованы как токсический невроз. До определенного периода изменения в организме носят обратимый характер, а затем, процесс может перерасти в стадию энцефалопатии, характеризующуюся крупноразмашистым тремором рук, ног, головы, нарушением речи, снижением мышечного тонуса, нарушением психики. Шизофренический синдром – галлюцинаторно-бредовые проявления. У детей отсталость в умственном развитии (ртутные энцефалопатии). Редко наблюдаются парестезии, боли в конечностях (ртутные полиневриты).

Эндокринная система. Ртуть оказывает токсическое действие на эндокринные железы. Наблюдается изменение регуляторной функции гипоталамо-гипофизарного звена (недостаточная стимуляция коркового вещества надпочечников). Изменения, отмечаемые у мужчин, являются результатом общетоксического действия ртути на мужские половые железы, у женщин установлены нарушения течения беременности и послеродового периода.

Эндокринно-вегетативная дисфункция, увеличение щитовидной железы. Нарушение функции щитовидной железы развивается преимущественно в сторону гиперфункции, которая играет немаловажную роль в формировании патологического процесса. Ртуть блокирует группы, необходимые для

нормального синтеза инсулина и его биологического действия.

Органы зрения. Длительное воздействие паров ртути на организм вызывает поражение сосудов глаза, поражение зрительного нерва, изменения воспалительного и дегенеративного характера, помутнение роговицы и хрусталика, деструктивные изменения в стекловидном теле, повышение внутриглазного давления, сужение периферических границ поля зрения. Снижение остроты зрения, световой чувствительности. Нарушение цветового зрения.

Сердечно-сосудистая система. Коронарные нарушения, дистрофические изменения миокарда (миокардиодистрофия).

Кроветворная и иммунная системы. Угнетение кроветворной и иммунной систем.

При воздействии на организм человека ртутьорганических соединений наблюдаются нарушения коагуляционного и тромбоцитарно-сосудистого звеньев гемостаза (система свертывания крови). Нарушения кроветворной системы: анемия (снижение уровня эритроцитов и гемоглобина), лейкоцитоз, лейкопения, лимфоцитоз, моноцитоз (увеличение уровня лейкоцитов, лимфоцитов, моноцитов).

Иммунная система – гемолиз (разрушение эритроцитов, сопровождающееся выходом из них гемоглобина, при этом кровь или взвесь эритроцитов превращается в прозрачную красную жидкость).

Органы пищеварения. Умеренное снижение кислотности.

Выделительная система. Некротические поражения средних и конечных участков проксимальных канальцев почек, при продолжающемся воздействии – общее поражение проксимальных канальцев с развитием токсического канальцевого некроза. Это приводит к снижению концентрационных функций за счет уменьшения канальцевой реабсорбции.

Костно-мышечная система. Однократное поступление: утрата согласованности тонких мышечных движений за счет поражения нервной системы, дрожание нижних конечностей, языка, губ, понижение мышечной силы в нижних конечностях. Повторное многократное вдыхание: снижение мышечной силы в нижних конечностях, выносливость к статическому усилию снижена неравномерно в разных группах мышц, изменено качество ходьбы.

В зависимости от количества ртути и длительности ее поступления в организм человека возможны *острые* и *хронические отравления*, а также *микромеркуриализм*.

Острое отравление парами ртути проявляется через несколько часов после начала отравления. Симптомы острого отравления: общая слабость, отсутствие аппетита, головная боль, боль при глотании, металлический вкус во рту, слюнотечение, набухание и кровоточивость десен, тошнота и рвота. Как правило, появляются сильнейшие боли в животе, слизистый понос (иногда с кровью). Нередко наблюдается воспаление легких, катар верхних дыхательных путей, боли в груди, кашель и одышка, часто сильный озноб. Чрезвычайно острое отравление ртутью вызывает разрушение легких. Температура тела поднимается до 38-40°C. В моче пострадавшего находят

значительное количество ртути. В тяжелейших случаях через несколько дней наступает смерть пострадавшего.

Хроническое отравление ртутью (меркуриализм) приводит к нарушению нервной системы и характеризуется наличием астеновегетативного синдрома с отчетливым ртутным тремором (дрожанием рук, языка, век, даже ног и всего тела) неустойчивым пульсом, тахикардией, возбужденным состоянием, психическими нарушениями, гингивитом. Развиваются апатия, эмоциональная неустойчивость (ртутная неврастения), головные боли, головокружения, бессонница, возникает состояние повышенной психической возбудимости (ртутный эретизм), нарушается память. Вдыхание паров ртути при сильном воздействии сопровождается симптомами острого бронхита, бронхиолита и пневмонии. Наблюдаются изменения в крови и повышенное выделение ртути с мочой. Многие симптомы отравления парами ртути исчезают при прекращении воздействия и принятии соответствующих мер, но достичь полного устранения психических нарушений невозможно. Отмеченные синдромы и симптомы наблюдаются при воздействии паров ртути при их концентрациях в воздухе более 0,1 мг/м. Но психические расстройства могут возникать и при более низких концентрациях.

Микромеркуриализм развивается при длительном воздействии низких концентраций паров ртути в воздухе – не более сотых долей мг/м³. Проявляется в зависимости от организма и состояния нервной системы. Обычно его проявления вначале выражаются в снижении работоспособности, быстрой утомляемости, повышенной возбудимости. Затем указанные явления усиливаются, происходит нарушение памяти, появляются беспокойство и неуверенность в себе, раздражительность и головные боли. Возможны катаральные явления в области верхних дыхательных путей, кровоточивость десен, неприятные ощущения в области сердца, легкое дрожание (слабый тремор), повышенное мочеиспускание, снижение обоняния, кожной чувствительности, вкуса. Усиливается потливость, увеличивается щитовидная железа, возникают нарушения ритма сердечной деятельности, снижение кровяного давления.

Диагностика отравлений ртутью очень сложна. Они скрываются под видом заболеваний органов дыхания или нервной системы. Начальные симптомы хронического отравления парами ртути неспецифичны и выражаются, главным образом, в расстройствах нервной системы. Пострадавшие не связывают эти явления с истинной причиной – отравлением ртутью и продолжают работать в отравленной атмосфере. В результате поражения нервной системы усугубляются вплоть до потери трудоспособности. Последствия хронических ртутных отравлений с трудом поддаются лечению. Почти во всех случаях, однако, наблюдается мелкое и частое дрожание пальцев вытянутых рук, у многих дрожание век и языка. Обычно увеличена щитовидная железа, десны кровоточат, выражена потливость. Одним из важных диагностических критериев являются существенные изменения в формуле крови.