

УДК 615.916

## РТУТЬ И ЕЕ ОПАСНОСТЬ – ПРОБЛЕМА ДАВНЯЯ И НОВАЯ

**И.М. Трахтенберг, академик НАМН Украины, член-кор. НАН Украины,  
доктор мед. наук, Л.М. Краснокутская, кандидат мед. наук,**

**И.П. Лубянова, кандидат мед. наук**

ГУ «Институт медицины труда НАМН Украины», г. Киев

**РЕЗЮМЕ.** Рассмотрены вопросы опасности ртути – глобального загрязнителя воздуха, воды, почвы, пищевых продуктов, которая продолжает оказывать негативное влияние на здоровье взрослого населения и детей. Эта давняя и настоящая проблема, по мнению Всемирной организации здравоохранения, признана одной из приоритетных, затрагивающая практически большинство стран. В статье приведены данные отечественных и зарубежных авторов о состоянии антропогенного загрязнения окружающей среды ртутью и её неорганическими и органическими соединениями, об особенностях их влияния на организм человека. Особое внимание уделено последствиям воздействия паров ртути в низких концентрациях, а также ртути, поступающей в организм с продуктами питания. Приводятся методы диагностики, лечения и предупреждения возможных отравлений.

**Ключевые слова:** ртуть, окружающая среда, токсичность, микромеркуриализм, болезнь Минамата.

Среди загрязнителей окружающей среды одно из главных мест принадлежит ртути. Ртуть, ее неорганические и особенно органические соединения относятся к чрезвычайно токсичным веществам первого класса опасности [1, 2, 3].

Поэтому неслучайно в настоящее время проблема ртутной интоксикации продолжает волновать не только специалистов в области профилактической и лечебной медицины, но и представителей других отраслей науки и практики – экологов, химиков, геохимиков, работников природоохранительных органов. Глобальная значимость указанной проблемы выделена сегодня ВОЗ в качестве приоритетной, затрагивающей практически большинство стран [4]. Следует особо подчеркнуть, что проблема «ртутной опасности» является давней и традиционной в разработках украинских гигиенистов и токсикологов [5–10].

Ртуть (Hg, атомная масса - 200,59) – серебристо-белый жидкий при комнатной температуре металл с температурой плавления  $-39^{\circ}\text{C}$  и кипения  $-356,5^{\circ}\text{C}$ , давление пара 0,16 Па (при  $20^{\circ}\text{C}$ ). Испаряясь при  $18^{\circ}\text{C}$ , ртуть превращается в бесцветный, не обладающий каким-либо запахом и вкусом пар, который может быть обнаружен только с помощью химического анализа. Металлическая ртуть относится к тяжелым металлам. Пары ртути в 7 раз тяжелее воздуха, а 1 литр жидкой ртути весит 13,5 кг. Благодаря высокому поверхностному натяжению и малой вязкости, ртуть легко распадается на мелкие шарики, значительно увеличивая тем самым поверхность испарения. Так, 5–10 г ртути разбивается на шарики диаметром до 0,1 мм, образуя поверхность испарения 1,5–3,0 м<sup>3</sup>.

Металл легко вступает в соединения как с неорганическими (оксиды, хлориды, сульфиды,

нитраты), так и органическими (алкилы и арилы) веществами. С металлами – медью, серебром, золотом, цинком, свинцом образует амальгамы.

Алкильные соединения ртути, в частности, метилртуть, образуются в воде морским микрорепланктоном в результате естественного метилирования ртути. Эти соединения накапливаются в организме морских животных и попадают в организм человека вместе с пищей. Рыба относится к основному пищевому источнику отравления.

Подвижный и легко испаряющийся металл, используемый в практической жизни людей в течение нескольких тысячелетий, является весьма токсичным для любых форм жизни – растений, в том числе и морских водорослей, водных беспозвоночных (моллюсков, ракообразных), рыб, млекопитающих животных и человека. Непереходный металл ртуть чрезвычайно редкий химический элемент в земной коре, средняя масса его только 0,08 ppm. [11]. В природе ртуть находится в самородном состоянии в виде мелких капелек, но чаще в виде минерала киновари, состоящего из соединения ртути с серой – сернистая ртуть, содержащей 0,1 – 4% металлической ртути.

В мире известно несколько крупных месторождений ртути: Альмаден в Испании, Монте-Амьята в Италии, Нью-Альмаден на границе Калифорнии и Мексики. До недавнего времени 89% мировой добычи ртути приходилось на долю Испании. Одно из старейших месторождений ртути в Украине находится на Донбассе возле Артемовска. В настоящее время Донецкий каменноугольный бассейн является главным по добыче ртути в Украине. Среднее содержание ртути в углях Донбасса составляет около 1 г / т, а в углях Никитовского ртутно-рудного поля – 20 г / т и более [12].

Ртуть известна человеку с глубокой древности. Её использовали в хозяйственной деятельности человека, в медицинской практике. В одной из египетских гробниц, относящихся к 15-16 векам до нашей эры, найден маленький сосуд с ртутью. За 3 тысячелетия до нашей эры в Китае использовали препараты ртути для лечения проказы. За 350 лет до нашей эры Аристотель описал ртуть в своих произведениях. Свое научное название для ртути - «гидраргирум», что обозначает «серебряная вода», дал греческий врач Диаскорид в 1 в.н.э. Латинское название - «меркурий» - ртуть получила за способность её капелек быстро перемещаться по поверхности с такой же легкостью, с какой передвигался покровитель ремесел и торговли из древней мифологии Меркурий [13].

Ртуть не входит в число 15 эссенциальных микроэлементов, однако вследствие загрязнения окружающей среды определяется во всех живых организмах [14]. В.И. Вернадский относил ртуть к ультрамикроэлементам, т.к. содержание её в живых организмах составляет  $10^{-5}\%$  [15].

Металлическая ртуть обладает высокой летучестью, способностью к образованию источников вторичного загрязнения (депозированной ртути), стабильностью во внешней среде, биоаккумуляцией с высоким коэффициентом биоконцентрирования в трофических цепях, метилированием в природных условиях с образованием более токсичных ртутьорганических соединений.

Ртуть поступает в окружающую среду в результате сжигания различных видов органического топлива (уголь, дерево, природный газ), добычи ртути и переработки руды, извлечения из породы благородных металлов (добыча золота кустарным способом), при производстве цемента и винилхлорида. Значительная часть ртути попадает в атмосферу и переносится по всему земному шару, попадая в Мировой океан и почву, водоемы, растения, продукты питания, организм животных и человека, обеспечивая круговорот в природе и тем самым приобретая признаки и свойства глобального антропогенного загрязнителя [16]. Общемировой объем загрязнения почв, воды и воздуха ртутью из-за деятельности человека в 2010 году составил около 2 тысяч тонн. В частности, ежегодно из загрязненной почвы в реки и озера попадает около 260 тонн ртути. За последние 100 лет из-за деятельности человека количество ртути в верхних слоях Мирового океана и на глубинах до 100 метров увеличилось вдвое, а на больших глубинах - почти на 25%.

Как известно, «...только один котлоагрегат современной ТЭЦ, работающей на угле, за год

выбрасывает в атмосферу города в среднем 1 - 1,5 т ртути. А если взять глобально, то сегодня в мире от сжигания топлива только в атмосферу выбрасывается ртути, кадмия, кобальта, мышьяка в 3-8 раз больше, чем ежегодно добывается. Для Украины имеет существенное значение одна особенность, которой нет в других странах, - опасность комбинированного действия токсических веществ и низких уровней радиации. Показано, что малые дозы радиации могут усиливать аккумуляцию ртути в почках [18].

Никакой другой химический элемент, относящийся к первому классу опасности, не имеет в такой степени столь широкого применения в производственных процессах, изделиях, веществах; подобной повсеместной доступности (применяется в медицинских термометрах, люминесцентных лампах, химическом производстве и пр.), многовариантной возможности проникновения в организм (с воздухом, продуктами питания, водой, через кожу), как ртуть и её соединения.

На сегодняшний день главную опасность оказывает ртуть из антропогенных источников, связанных с различными отраслями промышленности - энергетики (теплоэлектростанции), химической (производство хлора и каустической соды методом ртутного электролиза), применение ртути как фунгицида (сейчас лишь единичные случаи в развивающихся странах), а также в различных измерительных приборах и люминесцентных лампах. Значительные выбросы ртути поступают также из крематориев (в частности, по данным Maloney et al., [19] за год из одного среднестатистического крематория в атмосферу попадает более 5,4 тонн ртути), а также из сточных вод стоматологических кабинетов.

Сферы производства и применения ртути: - производство хлора и каустика ртутным методом; - производство вискозного волокна и др.; - производство и применение:

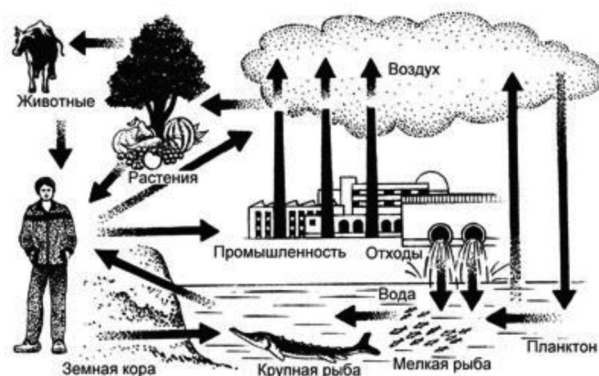


Рис. 1. Биогеохимический цикл ртути [17].

- ртутьсодержащих электротехнических приборов (выпрямителей переменного тока, ртутных контактов, ртутно-толуоловых терморегуляторов и др.);
- электрических ламп накаливания, кварцевых, люминесцентных и энергосберегающих ламп, рентгеновских трубок;
- взрывчатых веществ на основе гремучей ртути;
- медицинских препаратов (в частности, антикоагулянтов), вакцин, дезсредств, антисептиков, косметических мазей и др.;
- процессы химического синтеза с применением ртути в качестве катализатора;
- стоматология с использованием амальгам в качестве материала для зубных пломб.

Обобщенные данные о доле выбросов из различных антропогенных источников приводятся в табл. 1.

Органические хлорсодержащие соединения ртути – этилмеркурхлорид (**гранозан**), фенилмеркурбромид (**агронал**) и метоксиэтилмеркурацетат (**радосан**), а также меркурбензол и меркургексан – препараты комплексного действия, являющиеся смесью гранозана с хлорорганическими соединениями, до недавнего времени применялись в качестве пестицидов и средств для обработки семян. Из органических соединений ртути наиболее опасна диметилртуть ( $(\text{CH}_3)_2\text{Hg}$ ). При попадании на кожу нескольких микролитров препарата, и даже через латексные перчатки, возможен смертельный исход [21]. В настоящее время эти препараты исключены из перечня опасных препаратов, предусмотренных Конвенцией ООН по Стойким Органическим Загрязнителям ( $\text{CO}_3$ ), действующим в Украине, поскольку указанные препараты были запрещены для любого сельскохозяйственного применения.

Хлорсодержащие соединения ртути входят в состав тиомерсала s. тимеросала (**thiomersal s. thimerosal** – натрия этил-ртуть,  $\text{C}_9\text{H}_9\text{HgNaO}_2\text{S}$ ),

консерванта вакцин, на 50% состоящий из ртути. Тиомерсал быстро разлагается в водных солевых растворах на гидроксид этилртути и этилртуть хлорид [22].

Несмотря на то, что тиомерсал запрещен в ряде стран, он продолжает добавляться к некоторым вакцинам в Соединенных Штатах и во многие вакцины в развивающихся странах. Он входит в состав большинства прививок от гриппа, согласно данных Центра профилактики и контроля заболеваемости (Centers for Disease Control and Prevention). С 2001 г. тиомерсал не используется в плановых вакцинах для детей младше 6 лет. Прививки от гриппа и некоторые вакцины для взрослых и детей старшего возраста также часто совсем не содержат тиомерсал или только в малых количествах [23].

Воздействие ртути на организм сопровождается глубокими токсическими эффектами на клеточном и органном уровне. В результате возможны патологические изменения нервной, сердечно-сосудистой, ренальной, эндокринной, иммунной систем, репродуктивные и эмбриональные расстройства.

Ртуть (ион  $\text{Hg}^{2+}$ ), принадлежит к группе тиоловых ядов, блокирующих сульфгидрильные группы тканевых белков [24]. В результате инактивации их в процессе развития ртутной интоксикации происходит угнетение активности ферментативных систем, которые содержат SH-группы. Нарушается белковый, углеводный, энергетический обмен, стабильность тканевых липопротеидных комплексов. В этом один из основных механизмов нарушения нервных процессов при хронической интоксикации ртутью. Высокое сродство ртути к нуклеиновым кислотам, особенно транспортной РНК, сопровождается выраженным гонадо- и эмбриотоксическим действием [25].

В условиях производства ртуть проникает в организм, как правило, в виде паров и пыли ртутных соединений, всасывается около 80% вдыхаемых паров ртути. Биологический период полувыведения составляет в среднем

Таблица 1  
Выбросы из антропогенных источников ртути (в долях от общего количества) по состоянию на 1995 [18]

Форма ртути	ТЭС	Уголь, домохозяйства	Сжигание нефти	Производство цемента	Цветная металлургия	Черная металлургия	Химическое производство	Сжигание отходов	Другие	Среднее значение
Hg пары	0,5	0,5	0,5	0,8	0,6	0,8	0,7	0,2	0,8	0,64
Hg(II)	0,4	0,4	0,4	0,15	0,3	0,15	0,3	0,6	0,15	0,285
Hg аер.	0,1	0,1	0,1	0,05	0,1	0,05	0	0,2	0,05	0,075

около 56 дней с колебаниями от 35 до 96 дней. Средний период полувыведения ртути из крови составляет 65 дней, из волос 72 дня, из целостного организма 76 дней. Более длительный период полувыведения ртути из мозга, чем из других органов отмечен в экспериментальных исследованиях на животных. У человека высокое содержание ртути в мозговой ткани было обнаружено спустя 10 лет после прекращения контакта с ней [26].

Повреждающее действие ртути зависит от накопления её в различных органах и тканях. Неорганические соединения накапливаются в почках, местом наиболее выраженной кумуляции метилртути являются спинальные корешковые ганглии, что определяет преимущественное поражение периферических нервов при отравлениях органическими соединениями. Клиническая картина интоксикации зависит от формы ртутного соединения, растворимости, путей поступления в организм, дозы (концентрации) металла, который поступил в организм. Следует различать интоксикации парами металлической ртути, неорганическими и органическими ее соединениями.

Отравления ртутью могут быть острыми и хроническими. Хроническую интоксикацию ртутью называют меркуриализм («mercurius» – латинское название ртути у алхимиков).

Острые пероральные отравления неорганическими соединениями ртути (дихлорид, цианид, нитрат ртути), как правило, случаются при ошибочном приеме их внутрь или использовании в суицидальных целях.

В желудочно-кишечном тракте может всосаться 10-30% водорастворимых неорганических соединений ртути и до 75% органических соединений, в то время как металлическая ртуть всасывается очень плохо (около 0,01%). При этом органические соединения ртути благодаря высокой липоидотропности легко проникают в ткани через гистогематические барьеры, в том числе через гематоэнцефалический барьер в ЦНС, а также через плацентарный барьер в организм плода.

Наиболее токсичен при приеме внутрь дихлорид ртути (сулема). Смертельная доза сулемы – 0,5 г. Прием сопровождается жгучей болью во рту, глотке, пищеводе, в области желудка, по ходу толстой кишки. Отмечаются головная боль, обильное слюнотечение, неприятный запах изо рта, покраснение и кровоточивость десен, стоматит, некротические налеты на слизистой оболочке языка, зева и глотки. Возможен отек гортани. Наблюдаются диспепсические явления – тошнота, длительная, упорная рвота, понос со слизью и примесью крови, тенезмы по ходу слизистой оболочки желудка и 12-перстной кишки, множе-

ственные изъятия. Часто повышается температура тела. В тяжелых случаях развивается некротический нефроз. Полиурия сменяется прогрессирующей олигурией. Наблюдаются альбуминурия, гематурия. Поражение почек сулемой проявляется сплошным некрозом эпителия извитых канальцев. Раннее наступление анурии расценивается как неблагоприятный признак развития синдрома "сулемовой почки", приводящего к летальному исходу на 5-6-й день. В сравнительно легких случаях отравления через 2-3 недели нарушенные функции восстанавливаются. Хлорид натрия, кислоты, алкоголь и жиры повышают растворимость сулемы. Прием соленой, жирной, кислой пищи и алкоголя при данном отравлении противопоказан, резко утяжеляет отравление никотин.

При хроническом пероральном отравлении неорганическими соединениями ртути, наряду с другими, характерными для меркуриализма клиническими признаками заболевания, отмечается дисфункция почечных клубочков и канальцев, повышается проницаемость стенок клубочков, что приводит к увеличению количества высокомолекулярного белка в клубочковом фильтрате и в моче. При поражении канальцев снижается реабсорбция в них низко- и высокомолекулярного белка, нарастает протеинурия за счет низкомолекулярного белка. При смешанном поражении протеинурия формируется за счет низко- и высокомолекулярных белков.

**Острые отравления** парами металлической ртути возможны при авариях, несчастных случаях или грубом нарушении техники безопасности, например, при разрушении ртутных термометров от перегрева в сухожаровых печах, нагревание ртути без мер предосторожности, а также при пожарах. Клиническая картина ингаляционного отравления развивается через 8-24 часа и включает в себя общую слабость, головную боль, боль при глотании, повышенную температуру, катаральные явления со стороны дыхательных путей (ринит, фарингит, реже бронхит, отек легких). Затем присоединяется геморрагический синдром, появляются болезненность десен, резко выраженные воспалительные изменения в полости рта (так называемый ртутный стоматит с язвенным процессом на слизистой оболочке десен), боли в животе, желудочные расстройства, признаки поражения почек.

У детей через несколько часов после начала ингаляции паров ртути может развиться тяжелая пневмония – появляются кашель, одышка, цианоз, лихорадочная температура. При тяжелой интоксикации возможен отек легких. Одновременно с этим появляются симптомы

поражения желудочно-кишечного тракта (частый жидкий стул) и центральной нервной системы (сонливость, сменяющаяся периодами повышенной возбудимости).

**Хронические отравления парами металлической ртути** могут возникать на ртутных рудниках и заводах при получении ртути, производстве и ремонте измерительных приборов, электронной аппаратуры, ртутных выпрямителей, насосов, получении хлора и каустической соды на ртутном катоде. Пары ртути проникают в организм через дыхательные пути.

При хронической интоксикации парами ртути развитие клинической картины определяется интенсивностью воздействия и индивидуальными особенностями организма. В целом хронические интоксикации развиваются исподволь и длительное время не имеют явных признаков заболевания. Для хронической интоксикации парами металлической ртути характерна классическая триада: **вегетативная дисфункция, ртутный эретизм, тремор и стоматит**.

Начальная стадия протекает по типу неврастения и вегето-сосудистой дистонии. Наблюдаются признаки повышенной возбудимости симпатического отдела вегетативной нервной системы. Это проявляется тахикардией, ярко-красным размытым дермографизмом и сочетается с гиперфункцией щитовидной железы. В выраженной стадии отмечается психоневротический синдром, синдром **ртутного эретизма**.

Переходное состояние от компенсаторной фазы к начальной стадии отравления ртутью получило название "**микромеркуриализм**". Этот термин предложил в 1926 году немецкий химик Ф.Шток, который писал о возможности токсического действия на организм весьма низких концентраций ртути ( $1-10^{-6}$  мг/м<sup>3</sup>) [13, 27].

Строгое разграничение стадий заболевания затруднительно, так как по мере нарастания выраженности симптомов интоксикации они постепенно переходят одна в другую.

**Синдром ртутного эретизма:** выраженная робость, смущение, неуверенность в себе, невозможность выполнять работу в присутствии посторонних вследствие сильного волнения, сопровождающегося сосудистой реакцией, покраснением лица, потливостью. При прогрессировании заболевания больные крайне раздражительны, угрюмы, часто плачут. Ночной сон тревожен, а днем они сонливы, нередко ослаблены память, внимание.

Психические нарушения появляются на фоне неспецифических признаков (анорексия, потеря веса, головные боли) и характеризуются повышенной раздражительностью,

нарушениями сна (бессонница), возбудимостью, тревогой, депрессией, снижением памяти, неуверенностью в себе, застенчивостью. В литературных источниках начала прошлого века подобные изменения нервной системы были описаны у рабочих кустарного шляпного промысла, которые использовали нитрат ртути в процессе выделки фетра, и получили образное название «болезнь сумасшедшего шляпника» [13].

Ртутный тремор носит смешанный характер (постоянный и интенционный), проявляясь сначала дрожанием закрытых век и губ, языка, пальцев рук. Изменяется почерк, становится нетвёрдым, часто неразборчивым.

Тремор обычно прогрессирует, охватывая всё тело. При тяжелых отравлениях появляются дефекты речи, гиперемия лица, повышенная потливость, яркий дермографизм. Развивается хронический гингивит с изъязвлениями, что может привести к потере зубов. Наблюдаемые при меркуриализме гиперсаливация, нарушение секреторной функции желудка, синюха, потливость, замедленное или учащенное сердцебиение, учащенные позывы на мочеиспускание связаны с воздействием ртути на вегетативную нервную систему. Несмотря на высокое содержание ртути в моче, поражение почек при отравлении парами металлической ртути встречается редко. Отложение ртути в передней капсуле хрусталика определяется при биомикроскопии — металлический рефлекс с серовато-коричневым или желтым оттенком.

Течение хронической ртутной интоксикации (ХРИ), развившейся в условиях длительного производственного контакта (10 и более лет) с парами металлической ртути, превышающими ПДК в воздухе рабочей зоны, характеризуется прогрессивным развитием церебрально-органической симптоматики на протяжении постконтактного периода, что дает основание диагностировать тяжелые формы заболевания с клиникой токсической энцефалопатии.

Ведущим в клинике профессиональной хронической ртутной интоксикации в отдаленном (постконтактном) периоде является органическое расстройство личности. Клинические проявления ХРИ на протяжении всего постконтактного периода характеризуются прогрессивным развитием психопатологических синдромов на фоне церебральной симптоматики, отражающей диффузное поражение головного мозга.

Для диагностики токсической энцефалопатии в отдаленном (постконтактном) периоде ХРИ необходимо обязательное психологическое тестирование с использованием методик

по изучению индивидуально-личностных свойств, отражающих интеллектуальную и психоэмоциональную сферы больных [28].

**Органические соединения ртути**, применявшиеся раньше в качестве пестицидов, особенно метилэтилртутные производные, обладают тропностью к структурам головного мозга. При интоксикациях отмечалась атрофия извилин головного мозга, наиболее выраженная в затылочных долях, а также в мозжечке. В отличие от отравления неорганическими соединениями и парами металлической ртути, при хронической интоксикации органическими соединениями ртути нередко наблюдалось стойкое поражение периферической нервной системы. Гистологически обнаруживались изменения диаметра периферических нервов, исчезновение осевых цилиндров, пролиферация шванновских клеток с разрастанием коллагеновых волокон [14].

В клинической картине хронических интоксикаций органическими соединениями ртути на фоне полиморфной симптоматики преобладали признаки поражения нервной системы с постепенным развитием токсической энцефалополиневропатии. Характерным для ртутной интоксикации является сужение полей зрения, нарушение слуха, атаксия. Поражение периферической нервной системы сопровождалось парестезиями, множественными невралгиями. Невротические проявления характеризовались болями в конечностях и в области тройничного нерва, легкими расстройствами чувствительности по дистальному типу. Может наблюдаться асимметрия лица. Один из важных признаков – ослабление силы разгибателей на преимущественно работающей руке. Изменения в пищеварительных органах слабы или вовсе отсутствуют, как и изменения почек.

Полисиндромность интоксикации опреде-

ляется вовлечением в патологический процесс паренхиматозных органов (печень и почки). Органические соединения ртути вызывают сосудистые поражения почек, в тяжелых случаях – очаговый экстра- и интракапиллярный гломерулонефрит с умеренным поражением канальцевого аппарата. Возможны аллергические заболевания кожи (дерматозы, ангионевротический отек) [29].

Установлено, что у лиц, страдающих меркуриализмом, могут отмечаться неспецифические проявления длительной интоксикации ртутью. Так, явления атеросклероза, коронарные нарушения, хронические заболевания печени и желчного пузыря диагностируются в 5 - 7 раз чаще и раньше у имеющих проявления меркуриализма, чем у тех, у кого ртутной интоксикации нет. При микромеркуриализме, вызванном неорганическими соединениями ртути или ртутьорганическими соединениями, нет четких клинических различий в симптоматике интоксикации [9].

У детей, подвергающихся воздействию ртути даже в низких количествах, может развиваться синдром, характеризующийся нарушениями в социальном общении, скованности, «связанности» языка при необходимости коммуникации, замкнутостью, потребностью в однотипности аномальных движений и сенсорной дисфункции. Ртуть может привести к иммунной, сенсорной, неврологической, двигательной и поведенческой дисфункции, похожей на симптомы, характерные для аутизма. Многие специалисты предполагают, что большинство случаев аутизма могут быть формой отравления ртутью [23]. Ярким примером хронического ртутного отравления, связанного с экологической проблемой является болезнь Минамата.

В табл. 2. представлены основные случаи массового отравления.

Таблица 2

**Случаи массового отравления ртутью, связанные с экологическим загрязнением**

Место	Год	Число пострадавших
Минамата	1953-83	Более 30 000 (728 смертей)
Ниигата	1964-65	646
Гватемала	1963-65	45
Китай	1967	144
Пакистан	1969	100
Ирак	1956	100
Ирак	1960	1,002
Ирак	1971	40,000 (650 смертей)

Причиной возникновения болезни Минамата послужил продолжительный сброс местного химического предприятия Chisso Corporation в воду залива Минамата (Япония) отходов производства, содержащих неорганические соединения ртути, которую в последующем донные микроорганизмы, преобразовали в органическую ртуть (метилртуть). От употребления в пищу морепродуктов, загрязненных органическими соединениями ртути (метилртуть), пострадало более 30 тыс. жителей, треть из которых умерли. Симптомы заболевания включали нарушение моторики, парестезию в конечностях, ослабление зрения и слуха, судороги, мышечную слабость, трудности с речью и даже слабоумие. В тяжелых случаях – паралич и нарушение сознания, завершающиеся летальным исходом. Самое страшное – ртуть поражает генный аппарат и некоторые дефекты передаются по наследству [30].

#### **Законодательные акты, нормативы, рекомендации к диагностике**

Более шестидесяти лет прошло с тех пор, как болезнь Минамата была впервые диагностирована. Было изучено здоровье людей и животных, проживающих в зоне, которая была подвержена воздействию ртути, проведены многочисленные конференции, подготовлены различные документы, посвященные этой трагедии.

После четырех лет переговоров 19 января 2013 был согласован участниками ООН новый международный документ по проблеме ртутного загрязнения окружающей среды – глобальный юридически обязывающий регламентирующий документ по ртути. Новый документ назван – «Минамата Конвенция по Ртути» [31].

Документ окончательно подписали в Японии в октябре 2013 года. Цель Конвенции заключается в охране здоровья человека и окружающей среды от антропогенных выбросов и поступлений ртути и ее соединений в почву или воду. Эта Конвенция вводит запрет к 2020 году на первичную добычу ртути, регулирует торговлю металлом и его использование в промышленных процессах, предполагает специальные меры по снижению ртутного загрязнения окружающей среды при «кустарной» золотодобыче, в металлургии и энергетике.

Данный документ представляет собой важный шаг вперед в международных усилиях по устранению негативных последствий загрязнения окружающей среды ртутью и несет в себе элемент биоэтической составляющей с точки зрения оценки опасности ртути и её органических и неорганических соединений как токсиканта №1.

**Диагноз хронической интоксикации ртутью** ставят с учетом клинических проявлений заболевания, конкретных условий труда заболевшего, представленных в санитарно-гигиенической характеристике с указанием концентраций ртути в воздухе рабочей зоны, стажа работы в контакте с ртутью [32].

Для постановки диагноза существенное значение имеет определение ртути в биосредах. Верхний предел содержания ртути в крови составляет 0,05 мг/л, в моче – 0,024 мг/л. В первые 2-4 дня после поступления ртути в организм с мочой выводится до 90% абсорбированного металла, остальная ртуть выводится медленно в течение 15-30 дней и более. Содержание ртути в моче отражает кумулятивную экспозицию у работающих в течение 6-12 месяцев. При наличии клинической симптоматики необходимо учитывать и выделение ртути с мочой в концентрации 0,01 мг/л.

Высокие межиндивидуальные вариации ее выведения требуют определения средних величин ее концентрации. Мониторинг ртути в моче полезен для оценки риска развития токсического эффекта и необходимости внедрения профилактических мероприятий. При хронической экспозиции определяется связь между концентрациями ртути в моче и в крови [33].

Для полной уверенности в диагнозе интоксикации ртутью необходимо проведение психологических исследований, ЭЭГ, реоэнцефалографии. Кроме повторных определений экскреции ртути с мочой, рекомендовано проведение подобного исследования на фоне 3-5-дневного введения димеркаптопропансульфоната натрия (унитиола), что может способствовать удалению ртути из депо. В выраженных стадиях интоксикации дифференциально-диагностическое значение приобретают такие симптомы, как нарушения психоэмоциональной сферы, сна, тремор, нистагм, мозжечковые знаки, гингивит, выраженные вегетативные расстройства [26].

**Лечение ртутной интоксикации** должно быть комплексным с применением средств антидотной, патогенетической и симптоматической терапии.

При пероральном попадании ртути в организм необходимо неотложное промывание желудка обильным количеством воды. При этом желательно использовать средства антидотной терапии – антидот Стржижевского (Antidotum metallorum). Входящий в состав антидота сероводород переводит соединения ртути в нерастворимые сульфиды, выводимые с калом. 100 мл этого антидота нейтрализуют до 4 г сулемы. Для промывания желудка можно использовать и 20-30 г активированного угля.

Одновременно с перечисленными мерами дезинтоксикации начинается борьба с острой почечной недостаточностью.

Параллельно вводятся внутримышечно или внутривенно тиоловые соединения, обладающие антидотным эффектом, такие как унитиол, тиосульфат натрия.

Комплекс лечения хронической интоксикации ртутью, её неорганическими и органическими соединениями предусматривает выведение ртути из депо, стабилизацию или регресс патологического процесса, улучшение метаболизма, кровоснабжения мозга, снижение когнитивного дефицита [29, 34].

Для выведения ртути из депо применяют унитиол в виде 5% раствора подкожно или внутривенно из расчета 50 мг на каждые 10 кг веса больного. В первые сутки производят 3-4 инъекции через 6-8 часов, во вторые — 2-3 инъекции, в последующие 3-7 суток — 1-2 инъекции, в зависимости от состояния больного. При хронических интоксикациях ртутью эффективно лечение ингаляциями аэрозоля унитиола. Высокодисперсный аэрозоль 5% раствора унитиола больные вдыхают 2 раза в день по 15 мл. Для устранения запаха сероводорода, свойственного унитиолу, к нему перед ингаляцией добавляют 1-2 капли ментолового масла. Лечение продолжается 10 дней, рекомендуются повторные курсы. Можно использовать аналог унитиола — зорекс, а также 30% раствор натрия тиосульфата по 20 мл 15-20 дней и сукцимер (димеркаптоянтарная кислота), в котором удачно сочетается комплексобразующее действие дитиола с янтарной кислотой.

При токсической энцефалопатии в отдаленном периоде хронической ртутной интоксикации клинический эффект оказывает использование, наряду с антидотной терапией, вазоактивных препаратов. Они преимущественно направлены на коррекцию микроциркуляторных нарушений церебрального уровня, улучшение антиагрегатных свойств крови, метаболических ноотропных средств, антиоксидантных комплексов, антидепрессантов, транквилизаторов. Наибольшая эффективность терапии наблюдается при начальных проявлениях токсической энцефалопатии.

Рекомендуются физиотерапевтические методы лечения: сероводородные ванны, гальванические ванны с гипосульфитом натрия или серой. Целесообразно лечение на курорте с природными сероводородными источниками (Немиров, Любень Великий, Шаян и др.). В рацион питания рекомендуется включать липотропные вещества, антиоксиданты и пектины.

Сроки лечения и реабилитации больных как при острых, так и при хронических отрав-

лениях затягиваются на длительное время. Это связано с тем, что соединения ртути медленно выводятся из организма. Так, период полувыведения метилртути в среднем составляет 75 дней, а неорганических соединений — 42 дня.

Оценка риска здоровью лиц, которые находились в очаге ртутного загрязнения, определяется по среднесуточной концентрации паров ртути во вдыхаемом воздухе и сравнении ее с ПДК (для атмосферного воздуха среднесуточная ПДК = 0,0003 мг/м<sup>3</sup>).

Клиническое обследование населения и определение содержания ртути в биосредах (кровь, моча, волосы) рекомендуются при обнаружении концентрации паров ртути в воздухе рабочей зоны в пределах 0,01-0,02 мг/м<sup>3</sup>, а для атмосферного воздуха — около 0,003-0,005 мг/м<sup>3</sup> при продолжительности такого воздействия в течение нескольких недель или месяцев. При более низких концентрациях или более коротком воздействии можно ограничиться клиническим обследованием беременных женщин, а также детей (в случае обращения родителей) [35].

**Профилактика.** Основными условиями профилактики токсического действия на организм работающих — являются качественные предварительные при приеме на работу и периодические медицинские осмотры, а также контроль за содержанием ртути в воздухе рабочих помещений. Основные гигиенические нормативы представлены в табл. 3.

Предварительный медицинский осмотр должен включать сбор анамнеза и клиническое обследование, при котором следует обращать внимание на состояние полости рта, нервной системы и психики. Целесообразно получить образец почерка обследуемого и приложить его к медицинской карте для будущих сравнений.

Периодические медицинские осмотры следует повторять через 6-12 месяцев в зависимости от уровня воздействия ртути и ее соединений. В медицинском осмотре обязательно должен участвовать невропатолог, а рабочих, которые имеют дело с органическими соединениями ртути, необходимо подвергать офтальмологическому обследованию с определением полей зрения.

Для количественного определения содержания паров ртути в воздухе и локальных скоплений металлической ртути выпускаются анализаторы паров ртути — «Меркурий», АГП-01, ЭГРА-01, РА-915+, «Юлия-2», «Юлия-5» и их модификации. Действие приборов основано на атомно-абсорбционном методе поглощения атомами ртути излучения с длиной волны 253,7 нм.

Пределы измерения от 0,00002 до 0,005 мг/м<sup>3</sup> и до 0,25 мг/м<sup>3</sup>. Данные анализаторы позво-



Таблица 3

## Гигиенические нормативы (ПДК) содержания ртути и её соединений в различных средах\*

СРЕДА	Ртуть и её соединения		
	металлическая	неорганические	органические
Воздух рабочей зоны производственных помещений, мг/м <sup>3</sup> : <i>максимально разовая, среднесменная</i>	0,01 0,005	0,2 0,05	0,005
Атмосферный воздух населенных мест, мг/м <sup>3</sup> <i>среднесуточная</i>	0,0003	0,0003	—
Вода водоемов, мг/л <i>хоз.-питьевого назначения</i> <i>рыб.-хоз. назначения</i>	0,0005 0,001	0,0005 0,001	0,0001
Почва, мг/кг	2,1		
Продукты (ДОК), мг/кг сырого продукта, в том числе: мясо-, рыбо- и молочные продукты, хлебные изделия, фрукты, овощи и др.	0,005 - 0,05		Не допускается**

\*Содержание соединений ртути регламентируется по металлу.

\*\*В любых пищевых продуктах чувствительность определения: ГЖХ - 0,005 мг/кг, ТХС 0,12 - 0,4 мг

ляют непосредственно на месте определять концентрации паров ртути в воздухе в пределах одной минуты, а РА-915+ непрерывно с дискретностью 1 с.

Также разработаны лабораторные методы количественного определения ртути с помощью адсорбентных трубок, а существующие индикаторные бумажки позволяют ориентировочно судить о содержании паров ртути в воздухе.

Загрязненные помещения подлежат демеркуризации [33], то есть комплексу мероприятий по удалению ртути различными методами: механическими (собирающие, сорбция, влажная механическая уборка, удаление загрязненных строительных конструкций и т.п.), физическими (прокалывание, принудительная вентиляция горячим воздухом), химическими (перевод ртути в связанное состояние для снижения скорости испарения). Различают текущую и заключительную демеркуризацию.

После выполнения всего комплекса мероприятий необходимо провести контрольные анализы на содержание паров ртути в воздухе рабочих помещений, (дважды с интервалом в 7 дней).

Среди организационных мероприятий, санитарно-эпидемиологической службой во всех случаях ртутного загрязнения следует

выделить установление границ очага и уровней загрязнения, оценку возможных последствий для здоровья населения при пребывании в загрязненной атмосфере, решение вопроса о необходимости медицинского обследования и наблюдения пострадавших, определение объема безопасного режима работы персонала, проводящего демеркуризацию, оценку эффективности и достаточности демеркуризации и возможности дальнейшего функционирования загрязненных объектов.

Демеркуризация может быть признана эффективной, если после её завершения:

а) в воздухе производственных объектов, учебных лабораторий, высших учебных заведений и научно-исследовательских лабораторий институтов содержание паров ртути не превышает 0,0017 мг/м<sup>3</sup>, т.е. 30% среднесменной ПДК рабочей зоны, равной 0,005 мг/м<sup>3</sup> (ГОСТ 12.1.005-76 «Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования»;

б) в воздухе дошкольных и средних школьных учреждений, а также жилых помещений содержание ртути не превышает 0,0003 мг/м<sup>3</sup>.

**ПРИМЕЧАНИЕ:**

Демеркуризация производственных помещений промышленных предприятий может быть признана достаточной, если после её

завершения, с учетом фона промплощадки, содержание паров ртути в воздухе рабочей зоны не превышает 0,005 мг/м<sup>3</sup>.

- При проведении организационных мероприятий, направленных на предупреждение развития интоксикации ртутью следует руководствоваться действующими в нашей стране в настоящее время нормативными документами:
- ГОСТ 12.3.031-83 ССТБ. Работы с ртутью. Требования безопасности. Издание официальное. М. 1983;
  - Санитарные правила по проектированию, оборудованию, эксплуатации и содержанию предприятий, производящих ртуть № 2116-79;
  - Санитарные правила при работе с ртутью, её соединениями и приборами с ртутным заполнением № 4607-88;
  - Методические рекомендации по контролю за организацией текущей и заключительной демеркуризации и оценки её эффективности № 4545-87;

— Методичні вказівки «Визначення вмісту ртуті в об'єктах виробничого середовища та біологічних матеріалах». (МВ 10.1-115-2005), Київ - 2005.

#### Инструкции:

- Профилактика меркуриализма у работников лечебно-профилактических учреждений стоматологического профиля при применении амальгамовых пломб (Київ - 89 г.).
  - Применение пектиносодержащих энтеросорбентов в целях профилактики нарушения здоровья при сочетанном воздействии тяжелых металлов, пестицидов и радиации (Київ - 86).
- Необходимо дальнейшее совершенствование нормативных документов с учетом современных реалий и необходимость реализации положений Минаматской конвенции по ртути в Украине.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кундиев Ю.И. Эколого-гигиенические аспекты проблемы тяжелых металлов как техногенных загрязнителей. / Ю.И. Кундиев, И.М. Трахтенберг. // Гигиена труда. — К., 1991. — Вып. 27. — С. 3–8.
2. Трахтенберг И.М. Тяжелые металлы как химические загрязнители производственной и окружающей среды. / И.М. Трахтенберг // Довкілля та здоров'я. — 1997. — № 2. — С. 48–51.
3. Сердюк А.М. Навколишнє середовище і здоров'я населення України. / А.М. Сердюк // Довкілля та здоров'я. — 1998. — № 4 (7). — С. 2–6.
4. Ртуть и здоровье. Информационный бюллетень ВОЗ №361, Январь 2016 г. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs361/ru/>
5. Медведь Л.И. Токсикология деяких органічних сполук ртуті. / Л.И. Медведь. — Київ. Держмедвидав, 1946. — 148 с.
6. Трахтенберг И.М. Хроническое воздействие ртути на организм. / И.М. Трахтенберг — К.: Здоров'я, 1969. — 392 с.
7. Гигиена труда в сельскохозяйственном производстве / Под редакцией Л. И. Медведя, Ю. И. Кундиева. — М.: Медицина, 1981. — 456 с.
8. Каган Ю. С. Общая токсикология пестицидов / Ю.С. Каган. — Киев: Здоров'я, 1981. — 176 с.
9. Трахтенберг И. М. Ртуть и ее соединения в окружающей среде. / И.М. Трахтенберг, М.Н. Коршун— К.: Изд-во «Вища школа», 1990. — 229 с.
10. Трахтенберг И.М. Тиоловые яды. / И.М. Трахтенберг, Л.М. Шафран / В кн.: Общая токсикология. Под ред. Б.А. Курляндского, В.А. Филова. — М., 2002. — С. 111–175.
11. Sinicropi M.S. Chemical and biological properties of toxic metals and use of chelating agents for the pharmacological treatment of metal poisoning / M.S. Sinicropi, D. Amantea, A. Caruso, C. Saturnino // Arch Toxicol. — 2010. — N 84. — P. 501–520.
12. Панов Б. Ртутоносність вугілля Донбасу / Б.Панов, О. Нікітенко, Н. Короткова, С. Сахно // Мінералогічний збірник. — 2006. — № 56. — Вип. 1–2. С. 168–174
13. Трахтенберг И.М. Книга о ядах и отравлениях: Очерки токсикологии. / И.М. Трахтенберг. — К.: Наукова думка, 2000. — 368 с.
14. Авцын А.П. Микроэлементозы человека: этиология, классификация, органопатология / А.П. Авцын, А.А. Жаво-  
ронков, М.А. Риш, Л.С. Строчкова. — АМН СССР. М.: Медицина, 1991. — 496 с.
15. Вернадский В.И. Очерк второй. Химические элементы, их классификация и формы их нахождения в земной коре. / В.И. Вернадский. Избранные сочинения. Т. 1 / АН СССР. — М.: изд-во АН СССР, 1954. — 696 с.
16. Добровольский Л.А., Загрязнение ртутью, её влияние на здоровье и окружающую среду. Информационный обзор о Региональном семинаре по проблеме загрязнения ртутью — глобальная проблема, требующая разрешения. — Киев, 20-23 июля 2004 г. / Л.А. Добровольский, Л.М. Краснокутская // Гигиена труда. — 2004. — Сб. 35. — С. 560–563.
17. Brooks R.R. Pollution through trace elements / R.R. Brooks // Environmental Chemistry, J. O'M. Bockris, ed., Plenum Press, New York (1977). — P. 429–476.
18. Иванов С.Д. Влияние малых доз радиации на токсические эффекты низких концентраций ртути / С.Д. Иванов, В.В. Семенов, Е.Г. Кованько, В.А. Ямшанов // Токсикологический вестник. — 2002. — №4. — С. 34–39.
19. Pirrone N. Atmospheric Mercury Emissions from Anthropogenic and Natural Sources in the Mediterranean Region / N. Pirrone, P. Costa, J.M. Pacyna, R. Ferrara // Atmospheric Environment. — 2001. — № 35. — P. 2997–3006.
20. Joshi D. Therapeutic potential of N-acetyl cysteine with antioxidant (Zn and Se) supplementation against dimethylmercury toxicity in male albino rats. / D. Joshi, D.K. Mittal, S. Shukla, A.K. Srivastav // Exp Toxicol Pathol. — 2012. — V.64. — N1–2. P.103–108.
21. Tan M. Route of decomposition of thiomersal (thimerosal) / M.Tan, J.E. Parkin // Int J Pharm. — 2000. V. 208. — N1–2. — P. 23–34.
22. Nelson K.B. Thimerosal and autism? / K.B. Nelson, M.L. Bauman. // Pediatrics. — 2003. — V.111. — N 3. — P. 674–679.
23. Thimerosal: clinical, epidemiologic and biochemical studies / D.A. Geier, P.G. King, B.S. Hooker [et al.] // Clin Chim Acta. — 2015. — V. 444, № 15. — P. 212–220.
24. Davidson P.W. Mercury exposure and child development outcomes / P.W. Davidson, G.J. Myers, B. Weiss // Pediatrics. — 2004. — V. 113. — P.1023–1029.
25. Environmental mercury and its toxic effects / K.M. Rice, E.M. Walker, M. Wu M. [et al.] // J Prev Med Public Health. — 2014. — V. 47. — N2. — P.74–83.

26. Трахтенберг И.М. Проблема токсических воздействий малой интенсивности - дань творческому романтизму прошлого или необходимость, диктуемая реалиями настоящего? / И.М. Трахтенберг // Токсикологический вестник, 1997. – N 1. – С.6–11).
27. Сравнительная характеристика когнитивных нарушений у больных с токсической (ртутной) и сосудистой (дисциркуляторной) энцефалопатией / Е.В. Катаманова, О.Л. Лахман, О.К. Андреева [и др.] // Бюллетень сибирской медицины. – № 1 (2). – 2009. Тематический выпуск. – С.46–50.
28. Краснюк Е.П. Профессиональные заболевания, вызываемые воздействием химических веществ. / Е.П. Краснюк, И.П. Лубянова // Профессиональные заболевания работников сельского хозяйства: 2-е изд., перераб. и доп. / под ред Ю.И. Кундиева, Е.П. Краснюк. – К.: Здоровье, 1989. – С. 51–109.
29. Solt I. Childhood vaccines and autism: much ado about nothing?. Harefuah / I. Solt // J. Bornstein. – 2010. – V. 149. – N 4. – P. 251–255.
30. Eto K. Pathology of Minamata disease. // Toxicol Pathol. 1997 Nov-Dec;25(6):614–23.
31. <http://www.mercuryconvention.org/Convention/tabid/3426/Default.aspx>
32. Early detection of occupational diseases. // World Health Organization, Geneva (1986) – 274 p.
33. Трахтенберг И.М., Нові дані щодо гігієнічної характеристики «ртутної небезпеки» з позицій медицини праці та промислової екології / І.М.Трахтенберг, Л.М. Краснокутська, М.М. Коршун, К.П. Козлов // Проблеми медицини праці. Академія медичних наук України, Інститут медицини праці. – Київ, 1998. – С. 118–127.
34. Андреева О.К. Основные принципы терапии в постконтактном периоде хронической ртутной интоксикации. / О. К. Андреева, О. Л. Лахман // Актуальные вопросы клинической неврологии. Материалы межрегиональных научно-практических конференций. – Иркутск, 2007. – С. 12.
35. Подлесный А., Отравление ртутью. / А. Подлесный, В. Аникеев, В. Кирьянов // Медицинская газета. – № 62. – 13 августа 2004 г. [http://www.rusmedserv.com/medgazeta/2004g/62/article\\_3074.html](http://www.rusmedserv.com/medgazeta/2004g/62/article_3074.html)

### РТУТЬ ТА ЇЇ НЕБЕЗПЕКА – ПРОБЛЕМА ДАВНЯ І НОВА

І.М. Трахтенберг, Л.М. Краснокутська, І.П. Лубянова

**РЕЗЮМЕ.** Розглянуто питання небезпеки ртуті – глобального забруднювача повітря, води, ґрунту, харчових продуктів, яка продовжує справляти негативний вплив на здоров'я дорослого населення і дітей. Ця давня і нагальна проблема, на думку ВООЗ, визнана однією з пріоритетних, що торкається практично більшості країн. У статті наведені дані вітчизняних і зарубіжних авторів про стан антропогенного забруднення довкілля ртуттю та її неорганічними та органічними сполуками, про особливості їхнього впливу на організм людини. Особливу увагу приділено наслідкам дії парів ртуті в низьких концентраціях, а також ртуті, що надходить до організму з продуктами харчування. Наводяться методи діагностики, лікування і попередження можливих отруєнь.

**Ключові слова:** ртуть, довкілля, токсичність, мікромеркуріалізм, хвороба Мінамата.

### MERCURY AND ITS DANGER – AN OLD AND A NEW PROBLEM

I. Trakhtenberg, L. Krasnokutskaya, I. Lubianova

**SUMMARY.** The issues of mercury danger as a global air, soil, water and food pollutant, which continues to make negative effect on the health of the adults and children have been observed in the article. This old and contemporary problem according to the World Health Organisation is among the major ones in most foreign countries. The studies of the Ukrainian and foreign authors about the state of the environment anthropogenic pollution by organic and nonorganic mercury compounds and the peculiarities of their impact on the human organism. The main attention is paid to the consequence of the low concentration mercury evaporations and mercury contained in food effect on the human organism. The diagnostics, treatment and poisoning prevention methods are provided in the article.

**Key words:** mercury, environment, toxicity, micromercurialism, the Minamat disease.

Надійшла до редакції 9.02.2016 р.