

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ РТУТНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ: МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ГАЗОРТУТНОГО МОНИТОРИНГА, НЕИНВАЗИВНОГО БИОТЕСТИРОВАНИЯ

HYGIENIC PROBLEMS OF MERCURY SAFETY: METHODOLOGICAL ASPECTS OF MERCURY MONITORING & NONINVASIVE TESTING

Т.В. Юдина*, С.Ю. Гладков**, Н.Е. Федорова*, М.В. Егорова*
T.V. Yudina*, S.Yu. Gladkov**, N.E. Fedorova*, M.V. Egorova*

*Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана Минздрава России, ул. Семашко, 2, Мытищи, Московская обл. 141000 Россия.

** Научно-производственная экологическая фирма “ЭкОН”, ул. Фруктовая, 5, корп.3, Москва 113556 Россия.

* The Federal Research Center of Hygiene named after F.F. Erisman, Semashko, 2, Mytishchi, Moscow Area 141000 Russia.

** Research-and-production ecological firm “Ekon”, Fruktovaya, 5, Moscow 113556 Russia.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ртутная безопасность, газортутный мониторинг, непромышленные объекты, неинвазивное биотестирование, моча, экспират.

KEY WORDS: mercury safety, mercury monitoring, non-industrial objects, noninvasiv testing, urine, expirate.

РЕЗЮМЕ: Представлены новые методические подходы к газортутным мониторинговым исследованиям, ключевым звеном которых является установление территориального фонового уровня загрязнения воздушной среды на основе построения диаграмм частотного распределения результатов разовых измерений для всех однотипных объектов в пределах территории, сопоставления их с логарифмически-нормальным случайным распределением. В зависимости от заданной доверительной вероятности (95 или 99%), за верхнюю границу фонового уровня, принимается величина $C_{ср} + 2(3)\sigma$, соответственно, превышение которой свидетельствует о возможном наличии внутреннего источника, продуцирующего пары токсиканта. Методический подход использован при исследовании школ и дошкольных детских учреждений Москвы, Калуги и Калужской области. Граница фонового загрязнения обследованных школ г. Москвы не превышает 78 нг/м³, Калуги — 125 нг/м³, г. Малоярославца и Малоярославского района — 37 нг/м³; детских дошкольных учреждений Калуги — 70,5 нг/м³. Разработаны новые способы неинвазивной диагностики ртутной интоксикации, отличающиеся объектом контроля (экспират), а также условиями подготовки к анализу мочи и экспирата.

SUMMARY: New methodical approach to mercury monitoring based on determination of a territorial background level of contamination of atmosphere is offered. The diagrams of frequency distribution of mercury concentration in air of similar objects of the given territory

are compared with normal logarithmic distribution. The criteria parameters used to evaluate proximity of an experimental array distribution to normal logarithmic were statistical characteristics of asymmetry and excess. Value $(\langle C \rangle + 2*\sigma)$ or $(\langle C \rangle + 3*\sigma)$ is taken as the upper limit of background level depending on predefined fiducial probability (95 % or 99 %). Exceeding of this limit testifies probable existence of inner source that produces mercury vapors. The methodical approach was used during inspection of schools and kindergartens in Moscow, Kaluga and its area. Background contamination limit of inspected schools in Moscow is less than 78 ng/m³, in Kaluga 125ng/m³, in Maloyaroslavets and its region — 37 ng/m³. Background contamination limit of kindergartens in Kaluga is equal to 70,5 ng/m³.

New methods of noninvasive diagnostics of mercury intoxication which distinguishes by object of control (expirat) and by preparation conditions of urine and expirat to the analyzing process are developed.

Введение

Решению проблемы техногенного загрязнения среды обитания, во многом связанного с микроэлементами из группы тяжелых металлов, вызывающего серьезную озабоченность своими негативными последствиями для здоровья различных групп населения и нации в целом, было уделено серьезное внимание на IX Всероссийском съезде гигиенистов и санитарных врачей (Гигиеническая наука и практика на рубеже XXI века, 2001).

Ртуть занимает одно из первых мест по своей опасности для здоровья человека из многочисленного ряда тяжелых металлов. Это обусловлено совокупностью причин, к основным из которых следует отнести широкое применение данного металла и его соединений во многих отраслях промышленности, сельском хозяйстве, в медицине и быту; политропность действия поллютанта с поражением важных систем организма; способность металла к материальной кумуляции при последующем достаточно медленном выведении из образующихся депо.

Аспекты воздействия ртути на организм человека не могут быть ограничены только профессиональной патологией, поскольку они приобрели социальное значение.

Ужесточение контроля за содержанием ртути на предприятиях, связанных с производством ртути, хлора, щелочи, химико-фармацевтических фабриках, электровакуумных заводах, золотодобывающих рудниках привело к уменьшению числа ртутных отравлений среди рабочих. В то же время бесконтрольное хранение препаратов ртути, ртутьсодержащих приборов, возможность загрязнения пищевых продуктов, применение ртутьсодержащих пестицидов в сельском хозяйстве расширило контингент лиц с ртутными интоксикациями.

Из ряда наиболее токсичных веществ ртуть выделяет ее специфические свойства: способность интенсивно испаряться в атмосферном воздухе, высокая летучесть ее паров, способность к окислению-восстановлению, метилированию с образованием высокотоксичных соединений, способность мигрировать и аккумулировать по трофическим цепям водных и наземных экосистем, что в совокупности обеспечивает сохранение ртути и ее накопление в среде обитания.

Актуальность проблемы ртутной опасности, как для отдельных регионов, так и в масштабе нашей страны в целом подтверждается широким распространением ртутных загрязнений именно в непромышленной сфере: в высших учебных заведениях, школах, детских дошкольных учреждениях, больницах и роддомах, жилых зданиях. Ежегодно происходят десятки аварий с разливом ртути, постоянными стали тревожные сообщения в средствах массовой информации о происходящих ртутных загрязнениях в различных городах и районах.

И действительно, практически ни один химический элемент, входящий в группу особо токсичных веществ, не имеет столь широкого круга применения, повсеместной общедоступности, многовариантной возможности проникновения в организм.

Способность к накоплению в органах и тканях делает опасным для человека присутствие ртути в среде обитания даже в низких концентрациях. Установлено, что продолжительный контакт с крайне низкими концентрациями ртути, зачастую экологически обусловленными, ведет к развитию микромеркуриализма — скрыто протекающим изменениям в организме, развивающимся постепенно, маски-

руясь обилием неспецифических признаков (Трахтенберг, 1994).

Нарастающее количество выявленных ртутных загрязнений в зданиях коммунальной сферы, школах, дошкольных и медицинских учреждениях выдвигает на первый план планомерное и последовательное проведение обследований, анализ и систематизацию полученных результатов. Для успешного развития этого направления необходимо совершенствование методического обеспечения с учетом специфики проведения обследований в детских и медицинских учреждениях, жилых помещениях.

Материалы и методы

Газортутные исследования проведены в школах и детских образовательных учреждениях (ДОУ) Москвы, Калуги и Калужской области. В качестве измерительного средства использованы универсальный ртутеметрический комплекс УКР-1МЦ, газоанализатор АГП-01-автомат, выпускаемые НПЭФ “ЭкОН” (г. Москва).

Для оценки статистических закономерностей распределения фактических уровней ртутного загрязнения использована модель логарифмически-нормального случайного распределения.

Критериальными параметрами оценки близости распределения экспериментального массива к логарифмически-нормальному служили статистические характеристики асимметрии и эксцесса. Степень близости вычисленных параметров к значениям для логарифмически-нормального распределения оценивалась по величинам их среднеквадратичных отклонений.

По массиву данных, образующих логарифмически-нормальное распределение (“чистые” объекты), рассчитывались средняя концентрация (C_{cp}), среднеквадратичное отклонение (σ) и верхняя граница фонового загрязнения (C_{ϕ}).

Для определения уровней ртути использована суточная моча. Аликвоту мочи объемом 5 см³ подвергали минерализации смесью концентрированной азотной и серной кислот в присутствии 5%-ного раствора марганцовокислого калия в течение часа при комнатной температуре. Раствор обесцвечивали 10%-ным гидросиламином.

Конденсат альвеолярной влаги отобран в модернизированный градуированный поглотитель Полежаева, помещенный в лед для более полной конденсации, и содержащий поглотительный бромозотный раствор с массовой концентрацией брома 3 г/дм³. Экспират отбирался в течение 20–25 мин при нефорсированном дыхании до достижения общего объема раствора 2 см³. Проба выдержана в термостате при температуре в течение 3 часов, по охлаждению обесцвечена раствором гидросиламина.

Концентрация ртути в растворах минерализованных проб определена методом беспламенной атомно-абсорбционной спектрофотометрии с использованием универсального ртутеметрического

комплекса УКР-1МЦ (лабораторный комплект). Метрологическая оценка выполнена методом добавок с применением государственного стандартного образца с массовой концентрацией ртути 1,0 мг/см³ (ГСО 3497-86).

Результаты и обсуждение

Ртутное загрязнение воздушной среды объекта может быть вызвано:

- наличием в помещении металлической ртути в капельно-жидкой форме (первичное загрязнение);
- конвективным переносом воздуха, загрязненного парами ртути (вторичное загрязнение);
- наличием следов соединений ртути и металлической формы, оставшейся после проведения демеуркуризационных работ, в том числе, сорбированной материалами, строительными конструкциями и предметами (остаточное загрязнение).

Каждая из них имеет характерные особенности в общей ситуации ртутного загрязнения, принятии управленческих решений.

Касаясь контаминации жилого фонда, общеобразовательных и дошкольных учреждений, надо подчеркнуть ее скрытый, локальный характер, что может приводить к длительному воздействию паров ртути на значительные группы населения, в первую очередь на детей и подростков, наиболее уязвимую категорию населения, снижению иммунитета, обострению хронических патологий, задержке умственного и физического развития (Madhok et al., 1997, Moszczynski, 1997; Артамонова и др., 1999).

В последние десятилетия, в связи с возросшим загрязнением окружающей среды металлами (в том числе ртутью), оказывающими значительные токсические воздействия на иммунную и нервную системы организма, были проведены многочисленные исследования, направленные на разработку стандартизованных подходов к определению микроэлементов и нормативов их содержания. В комплексе мер по противохимической защите биосферы от ртути база гигиенических регламентов ртути достаточна с точки зрения нормативного обеспечения безопасности (табл. 1).

Гигиенические нормативы содержания ртути в объектах окружающей среды (воздухе рабочей зоны, атмосферном воздухе населенных мест, воде, почве, продуктах питания) служат одним из критериев эффективности мероприятий по оздоровлению условий труда на ртутных производства; отправной точкой при расчетах предельно допустимых выбросов (ПДВ) и предельно-допустимых сбросов (ПДС), при разработке методов аналитического контроля и формирования системы мониторинга состояния окружающей среды.

Касаясь в общем плане проблемы химической опасности для населения, следует подчеркнуть, что идентификация уровней ртути, не превышающих величины установленного гигиенического норматива для атмосферного воздуха (0,0003 мг/м³) не всегда позволяет сделать однозначный вывод об отсутствии скрытых скоплений элемента, что определяет необходимость расширения мониторинговых исследований по оценке ртутной опасности. При наличии на объекте непромышленной сферы скрытого локального источника загрязнения концентрация паров ртути в воздухе подвержена сильному влиянию многих факторов (температура, режим проветривания и т. д.) и характеризуется значительными пространственными градиентами. В этом случае разовые измерения в одних и тех же точках могут характеризоваться разноречивыми показаниями, как выше, так и ниже гигиенического норматива, что затрудняет интерпретацию ситуации.

Известно, что загрязнение воздушной среды каким-либо веществом, будь то пары или аэрозоль, является следствием наложения загрязнений — фонового распределенного в зоне расположения объекта, а также поступающего от локальных источников внутри. Причем, характер вероятностного распределения фона в атмосферном воздухе вне зоны влияния источника рассеивания теоретически подчиняется логарифмически-нормальному закону.

Данные натурных исследований подтверждают близость экспериментального распределения и теоретического (рис. 1). Появление локальных загрязнений ведет к отклонению характера распределения от логарифмически-нормального. Этот эффект зна-

Таблица 1. База гигиенических регламентов ртути.

Объект	Гигиенический норматив
Атмосферный воздух	0,0003 мг/м ³
Воздух рабочей зоны	0,01 мг/м ³ (максимально разовая) 0,005 мг/м ³ (среднесуточная)
Вода питьевая	0,0005 мг/дм ³
Вода водоемов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования	0,0005 мг/дм ³ (неорганические соединения ртути) 0,0001 мг/дм ³ (органические соединения ртути)
Почва селитебных зон и пахотных горизонтов сельскохозяйственных угодий	2,1 мг/кг

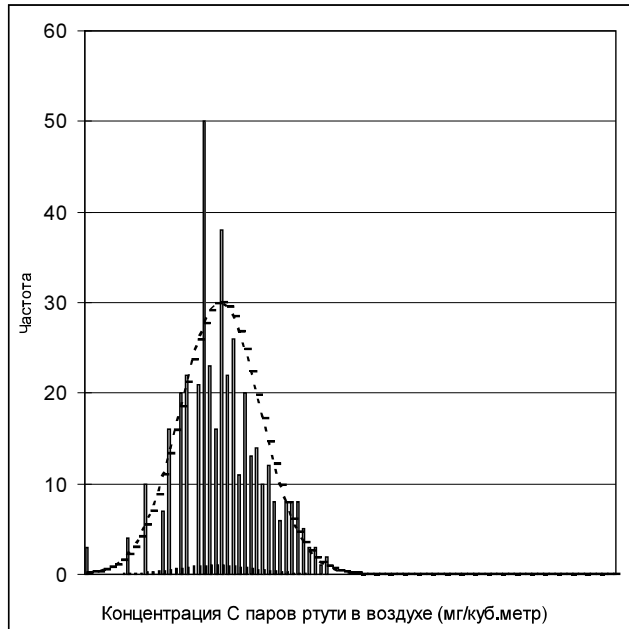


Рис. 1. ЧАСТОТНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ УРОВНЕЙ РТУТИ В ВОЗДУХЕ “ЧИСТЫХ” ШКОЛ ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО ОКРУГА. Экспериментальное распределение (столбцы), теоретическое распределение (пунктир).

Рис. 2. ЧАСТОТНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ УРОВНЕЙ РТУТИ В ВОЗДУХЕ ВСЕХ ОБСЛЕДОВАННЫХ ШКОЛ ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО ОКРУГА МОСКВЫ.

чим для оценки объектов в пределах территории, на нем базируется разработанная методология.

Приведенная на рис. 2 диаграмма частотного распределения, построенная по полному массиву данных для школ территориального округа крупного мегаполиса, имеет значительную асимметрию, вызванную наличием загрязненных помещений с уровнями концентрации ртутных паров от близких к ПДК до нескольких десятков ПДК.

Основу для принятия решения о гигиенической безопасности объекта составляет сопоставительный анализ по основным блокам: уровням загрязнения воздуха производственных объектов, фоновым параметрам и предельно допустимой концентрации.

При этом для практического применения крайне важен разработанный алгоритм оценки верхней границы фоновой концентрации. В зависимости от заданной доверительной вероятности — 95 или 99%, за верхнюю границу фонового уровня, принимается величина $C_{ср} + 2(3)\sigma$, соответственно, превышение которой свидетельствует о возможном наличии внутреннего источника, продуцирующего пары токсиканта.

По интенсивности ртутного загрязнения объекты классифицированы на группы, представленные на рис. 3.

Оценки вероятности загрязнения рассматриваются в совокупности с общим уровнем ртутного фона атмосферы территории, что является новым в разработанном подходе.

Изложенные выше принципы выявления очагов ртутной опасности положены в основу методических рекомендаций “Территориальный газортутный мониторинг производственных объектов”, утвер-

жденных Министерством здравоохранения Россий-

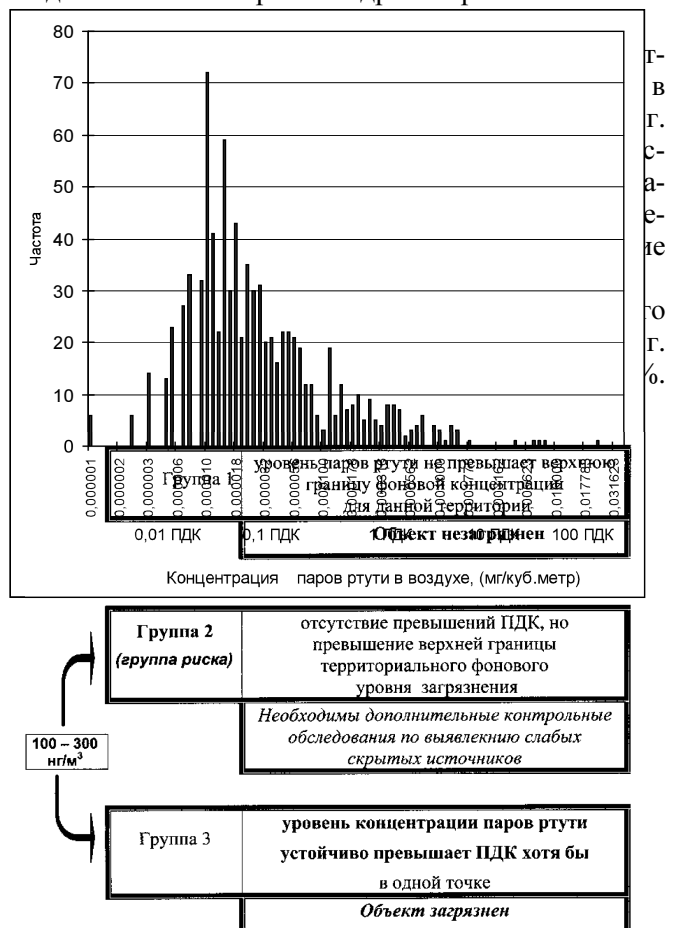


Рис.3. КЛАССИФИКАЦИЯ ОБЪЕКТОВ ПО УРОВНЯМ РТУТНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ.

ТАБЛИЦА 2. ПАРАМЕТРЫ РТУТНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ НЕПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ.

* т/о — территориальный округ.

При практически равной выборке по каждому округу Москвы частоты выявленных загрязнений существенно различаются и составляют от 17,6 до 47%. Из 15 обследованных дошкольных детских учреждений г. Москвы (не включенных в табл. 2.) только в одном содержание паров ртути превышало гигиенический норматив.

Приведенная на рис. 4 диаграмма частотного распределения уровней ртути в воздухе 51 школы г. Калуги, демонстрирует существенную асимметрию, обусловленную идентификацией элемента от 0,04 до 100 ПДК. Следы ртути обнаружены в 28 школах, из них превышение ПДК — в 14. Менее существенные отклонения от логарифмически-нормального распределения видны на соответственной диаграмме, относящейся к детским садам города (рис. 5). Разброс результатов разовых измерений составляет диапазон 6–1190 нг/м³ (0,02–4 ПДК). Проведенные с учетом расчетного уровня фонового загрязнения (70,5 нг/м³) обследования позволили выявить следы ртути на 6 объектах, при этом превышения ПДК зафиксированы лишь в 3 ДОУ.

Уровень фонового загрязнения непроизводственных объектов г. Малоярославца и Малоярославского района существенно ниже показателей по областному центру. На основе расчетных параметров логарифмически-нормального распределения в группе риска выделены 3 объекта (уровень ртути 0,44–0,7 ПДК), что потребовало дополнительных поисковых обследований по выявлению возможных источников ртутного загрязнения.

№ объекта	Обследуемая территория (ПДК ртути в воздухе населенных мест)	Общее число обследованных объектов	Уровень фонового загрязнения	
			нг/м ³	доли
1	г. Москва, школы т/о № 2	25	78	0,;
2	г. Москва, школы т/о № 3	14	29	0,;
3	г. Москва, школы т/о № 3	14	70	0,;
4	г. Умислав, школы т/о № 3	14	55	0,;
5	г. Калуга, школы т/о № 3	51	125	0,;
6	г. Калуга, детские сады т/о № 3	31	70,5	0,;
7	г. Малоярославец и Малоярославский район	14	36,6	0,;

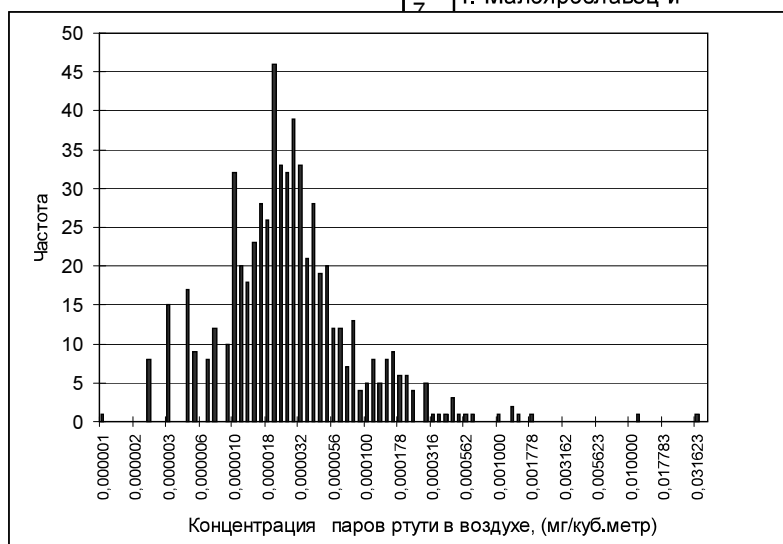


Рис. 4. ЧАСТОТНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ УРОВНЕЙ РТУТИ В ВОЗДУХЕ ШКОЛ г. КАЛУГИ.

А

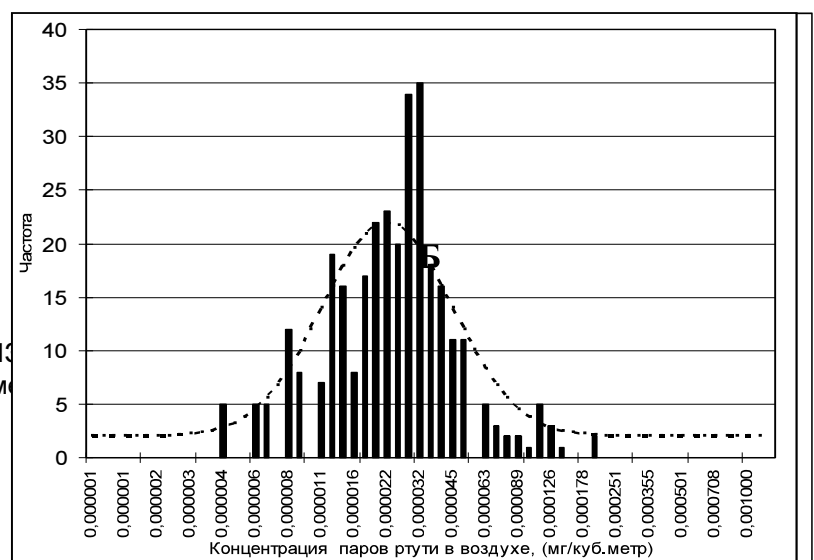


Рис. 5. ЧАСТОТНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ КОНЦЕНТРАЦИЙ ПАРОВ РТУТИ В ВОЗДУХЕ: САДОВ г. КАЛУГИ (А); “ЧИСТЫХ” ДООУ (Б). Экспериментальное распределение (пунктир).

димо создание значимых критериев раннего воздействия ртути на организм.

Отправной точкой при разработке системы мониторинга состояния здоровья работающих и населения служат тесты экспозиции (содержание ртути в биосубстратах).

Современная лабораторная диагностики макро- и микроэлементов в организме человека базируется на методах их определения в цельной крови, моче, волосах, слюне, зубном дентине и костной ткани.

При обследовании больших контингентов лиц, контактировавших с ртутью, выявляется корреляция между распространенностью, выраженностью клинических симптомов поражения нервной системы и концентрацией ртути в крови и моче (Orloff et al., 1997). В то же время нередко даже при выраженной интоксикации ртуть в моче может не обнаруживаться. Возможно, в этих случаях имеется недоста-

точного попадания в организм уменьшается в крови в 2 раза через несколько дней, в моче — через 2 месяца. После кратковременного воздействия высокого уровня ртути ее концентрация в моче постепенно снижается в течение 4–10 месяцев (Barregard et al., 1988).

В соответствии с регламентами ВОЗ критической для лиц, контактирующих с ртутью в производственных условиях, а также нормативно допустимой в России считается концентрация элемента в моче до 10 мкг/дм³, крови до 50 мкг/дм³, волосах до 5 мкг/г (Биологический мониторинг химических воздействий на рабочем месте, 1997; Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия, 1992).

У лиц с повышенным уровнем ртути в моче и крови выявлялись симптомы поражения нервной системы в виде астеноневротического и астеновегетативного синдромов, у ряда пациентов — рассеянная церебральная микросимптоматика с наличием интенционного тремора. Именно появление интенционного тремора считается наиболее ранним признаком перехода ртутной интоксикации из функциональной в органическую фазу. Отмечена зависимость степени выраженности изменений биоэлектрической активности головного мозга от концентрации ртути в крови и моче (Смирнов и др., 1998).

Анализ литературных данных показывает, что при экзогенном поступлении ртути в организм повышенные уровни элемента идентифицируются не только в крови, моче и волосах, но также в ногтях, зубах, слюне (Lord, 1980; Orloff et al., 1997; Rostek et al., 1997; Погарев и др., 1999; Ларионова, 2000; Скальный и др., 2000).

Однако кровь и моча как объекты биотестирования обладают рядом недостатков для серийных лабораторных исследований. Это, прежде всего инвазивность техники получения (кровь), ограниченные сроки хранения (моча, кровь), возможность получения лишь малых количеств образца (ногти), недостаточная информативность (слюна), обусловленная очень низким содержанием ксенобиотика (Rostek et al., 1997).

Вместе с тем, результаты (Погарев и др., 1999) многолетних эпидемиологических обследований (более 5 000 человек) учащихся школ, жителей домов и сотрудников учреждений, загрязненных металлургической ртутью, показывают достаточную информативность мочи в биомониторинге ртути (при ингаляционном поступлении паров ксенобиотика). Именно это определило дальнейшее развитие подхода по совершенствованию лабораторного контроля ртути в моче.

Другой неинвазивный биосубстрат — конденсат альвеолярной влаги (экспират), обладающий биохимическим составом, близким к легочному сурфактанту, привлек наше внимание в связи с впервые установленным присутствием в нем свинца, меди, железа, цинка, хрома, никеля, кобальта, алюминия на уровнях 0,1–200 нг/см³, а также ртути (Юдина, 1992).

Показано также, что при воздействии паров ртути на организм ее уровни фиксируются и в выдыхаемом воздухе, что может служить определенным тестом (Погарев и др. 1999).

При разработке метода определения ртути в неинвазивном материале был учтен ряд положений, касающихся особенностей элемента. Это, прежде всего, достаточно высокая (до 430%) вариабельность содержания металла в биосредах (Ревич, 1990) даже при идентичности других условий (возраст, пол, проживание, питание, профессиональная деятельность). Помимо этого существуют данные о том, что уровни ртути в моче взрослых и детей колеблются в пределах 0,1–40 мкг/дм³, у 90% обследованных людей ее концентрация не превышает 2 мкг/дм³, а у

70% — 0,5 мкг/дм³ (Pogarev et al., 1997), что лимитировало требования к пределу обнаружения.

Как важнейшие этапы исследований, обусловленные сложной матричной основой ряда диагностических сред, могут быть выделены: разработка способа подготовки биопроб к анализу, связанная с тем, что метод “холодного пара” обеспечивает надежное извлечение ртути из многокомпонентных проб лишь при условии их полной предварительной минерализации, т.е. исключение влияния матрицы; поиск наиболее эффективного восстановителя.

Представленный метод контроля ртути в моче основан на окислительной минерализации органического материала перманганатом калия на холоду в присутствии серной и азотной кислот, нейтрализации избытка окислителя гидрохлоридом гидроксилamina с последующим выделением ртути из минерализата в газовую фазу в виде молекул паров химическим путем под воздействием сильного восстановителя — боргидрида натрия, определении ее концентрации методом холодного пара.

Повышение чувствительности определения обеспечено снижением разбавления пробы при минерализации вследствие применения определенного соотношения компонентов и сокращения объема минерализующей смеси. Увеличение точности и воспроизводимости по сравнению с существующими способами (Методы исследования в профпатологии, 1988; Павловская и др., 2000) достигнуто включением стадии нейтрализации избытка окислителя, который может приводить к занижению результатов, а также использованием сильного восстановительного агента — раствора боргидрида натрия вместо хлорида олова (II), что позволяет восстанавливать до элементарного состояния все формы ртути, присутствующие в пробе. Кроме того, хлорид олова (II) существенно загрязняет реакционную систему, что отрицательно сказывается на воспроизводимости результатов при серийных анализах.

Достигнутый предел обнаружения 0,05 мкг/дм³, полнота определения 94,7%, воспроизводимость 3,9%.

Впервые разработанная методика определения ртути в экспирате включает отбор у пациента 1 см³ конденсата альвеолярной влаги в поглотительный бромозатный раствор с массовой концентрацией брома 3 г/дм³, минерализацию пробы при внесении дополнительной порции бромозатного раствора и последующее термостатирование образца при (45±5)°C в течение 3 часов, нейтрализацию избытка окислителя (обесцвечивание раствора) 0,1 см³ 10%-ного раствора гидроксилamina гидрохлорида, определение уровня ртути методом беспламенной атомно-абсорбционной спектрофотометрии. Метрологические характеристики: нижний предел измерения 0,05 нг/см³; полнота определения 96,6%; воспроизводимость 3,0%.

Идентификация ртути в экспирате является основой для предположения возможности формирования ртутной интоксикации, проведения углубленной диагностики.

Практическое применение разработанных способов может быть иллюстрировано обследованием жителей дома, в одной из квартир которого констатирован существенный преднамеренный разлив металлической ртути.

Принимая во внимание возможность переноса металла конвективными потоками воздуха, а также при передвижении жителей, сорбцию его материалами, строительными конструкциями и др., обследовано население близлежащих квартир, при этом особое внимание уделено детскому контингенту.

Диапазон распределения уровней ртути в моче обследованных весьма широк — от 0,2 до 148 мкг/дм³. Установленная средняя концентрация элемента в биосреде составляет 2,04 мкг/дм³, при исключении лиц с явными ртутными отравлениями (от 60 до 148 мкг/дм³).

При оценке результатов и принятии решений с учетом уровней фонового содержания элемента, а также рекомендуемых референтных величин концентраций металла в биосреде (Маймулов и др. 2000) опирались на положение о том, что уровни ртути в моче менее 5 мкг/дм³ соответствуют нормальному диапазону. Для пациентов, имеющих повышенные показатели (5–20 мкг/дм³) рекомендован повторный лабораторный контроль. Содержание элемента более 20 мкг/дм³ позволило сделать заключение о необходимости углубленного диагностического клинического обследования.

У пациентов, в моче которых повторно идентифицированы повышенные уровни ртути, проанализирован и экспират.

Обследование пациента с высокими уровнями содержания ртути в воздушной среде квартиры (до 100 ПДК атмосферного воздуха), показало, что массовая концентрация элемента в экспирате составила 2,46 мкг/дм³, и это обосновало заключение о наличии ртутной интоксикации.

Данный вывод подтвержден идентификацией ртути в моче на уровне 148 мкг/дм³ (15 ПДУ для мочи), а также результатами клинического обследования. Рекомендованы демеркуризация помещения, элиминационная терапия, динамическое наблюдение.

Через 20 дней после курса элиминационной терапии уровень ртути в конденсате альвеолярной влаги у пациента снизился до 0,97 мкг/дм³, при этом в моче он составил 42,6 мкг/дм³ (4 ПДУ для мочи). При дальнейшем обследовании через 30 дней ртуть идентифицирована в конденсате альвеолярной влаги на уровне 0,21 мкг/дм³, в моче — 19,6 мкг/дм³ (2 ПДУ для мочи). Рекомендовано продолжение лечебных и профилактических мероприятий до достижения фоновых уровней в моче и отсутствия ртути в экспирате.

В заключение необходимо констатировать, что решение проблемы ртутной опасности — сложная комплексная задача, которая не ограничивается только выявлением и ликвидацией загрязнения. Она может быть признана целостной системой взаимосвязанных мероприятий, позволяющих контроли-

ровать ситуацию и минимизировать поступление ртути в окружающую среду.

Фактические материалы по обследованию школ Калужской области были получены в ходе реализации программы “Дети и ртуть”, выполняемой НПЭФ “ЭкОН” при финансовой поддержке ИУС и АМР США в рамках проекта РОЛЛ-2000.

Литература

- Артамонова В.Г., Дадали В.А., Полканова Е.К. 1999. Современные аспекты ртутных интоксикаций и проблемы реабилитации // Ртуть. Комплексная система безопасности: Сборник материалов III научно-технической конференции. СПб. С.10–14.
- Биологический мониторинг химических воздействий на рабочем месте. 1997// Токсикол. Вестн. № 4. С.25–29.
- Гигиеническая наука и практика на рубеже XXI века. 2001: Материалы IX Всероссийского съезда гигиенистов и санитарных врачей / А.И. Потапов, Г.Г. Онищенко (ред.). Том. 1. М. 840 с.
- Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия. 1992. М.: Мин. охраны окр. среды. 58 с.
- Ларионова Т.К. 2000. Ртуть в организме людей в условиях загрязнения окружающей среды ртутьсодержащими промышленными отходами // Гигиена и санитария. № 3. С.8–10.
- Маймулов В.Г., Нагорный С.В., Шабров А.В. 2000. Основы системного анализа в эколого-гигиенических исследованиях. СПб.: СПб ГМА им. И.И. Мечникова. 342 с.
- Методы исследований в профпатологии. 1988/ Под ред. О.Г. Архиповой. М.: Медицина. 207 с.
- Павловская Н.А., Вагина Е.Н., Степанова Е.В. 2000. Атомно-абсорбционное определение ртути на анализаторе “Юлия-2” и содержание ее в моче детей, проживающих в Московской области // Медицина труда и промышленная экология. № 6. С.32–35.
- Погарев С.Е., Рыжов В.В., Шолупов С.Е., Жарская В.Д. 1999. Определение концентрации ртути в выдыхаемом воздухе — ценная информация для медицины (новые возможности анализатора ртути РА-915⁺) // Ртуть. Комплексная система безопасности: Сборник материалов III научно-технической конференции. СПб. С.127–131.
- Ревич Б.А. 1990. Химические элементы в волосах человека как индикатор воздействия загрязнения производственной и окружающей среды // Гигиена и санитария № 3. С.55–59.
- Скальный А.В., Кудрин А.В. 2000. Радиация, микроэлементы, антиоксиданты и иммунитет. М.: Лир Макет. 421 с.
- Смирнов А.Г., Чухловина М.Л., Жарская В.Д., Корсакова Е.А. 1998. Влияние малых концентраций ртути на центральную нервную систему // Гигиена и санитария. № 2. С.49–51.
- Трахтенберг И.М., Колесников В.С., Луковенко В.П. 1994. Тяжелые металлы в окружающей среде. Минск: Навука і тэхніка. 285 с.
- Юдина Т.В. 1992. Теоретические и методические основы

- физико-химического контроля в гигиенической до-
нозологической диагностике. Автореф. дисс. на со-
иск. уч. степ. докт. биол. н. М. 51с.
- Lord R. 1980. Trace element patterns in hair from out patient
clinical laboratory data // *Hair. Trace Element and Human
Illness*. N.Y.: Praeger Publ. P.102–104.
- Madhok M., Weber J., Murphy T., Blime C., Thompson M.,
Scalzo A. 1997. Elemental mercury (Hg⁰) multiple expo-
sures: From school to homes // *J. Toxicol. Clin. Toxicol.*
Vol.35. No.5. P.520.
- Moszczynski P. 1997. Mercury compounds and immune
system: A review // *Int. J. Occup. Med. And Environ.
Health*. Vol.10. No.3. P.247–258.
- Pogarev S.E., Ryzhov V.V., Mashyanov N.R., Sobolev M.B.
1997. Mercury values in urine from inhabitants of St.
Peterburg: [Pap.] 4th Int. Conf. Mercury Glob. Pollutant
Hum. Health Issues, Hamburg, 4–8 Aug., 1996 // *Water,
Air, and Soil Pollut.* Vol.9. No.1–2. P.193–198.
- Rostek U., Wilgelm M., Krumme N., Idel Helga, Weishoff-
Houben M., Dott W., Hafner D., Ranet U. 1997. Unter-
suchungen zur Quecksilberbelastung von Kindern //
Zentralbl. Hyg. und Umweltmed. Bd.199. Nr.5. S.442.
- Orloff K., Ulirsch G., Wilder L., Bloc A., Fagliano J., Pasqualo
J. 1997. Human exposure to elemental mercury in a
contaminated residential building // *Arch. Environ. Health*.
Vol.52. No.3. P.169–172.