

Н.В. Ефимова¹, М.П. Дьякович¹, Г.Г. Бичева¹, Л.Г. Лисецкая¹, П.В. Коваль², Л.Д. Андрулайтис²,
И.В. Безгоднов³

ИЗУЧЕНИЕ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ ТЕХНОГЕННОЙ РТУТИ

¹ АФ-НИИ медицины труда и экологии человека ГУ НЦ МЭ ВСНЦ СО РАМН (Ангарск)

² Институт Геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН (Иркутск)

³ ФГУЗ центр гигиены и эпидемиологии (Иркутск)

Настоящие исследования выполнены на территории Иркутской области в период 1997–2006 гг. при поддержке международных, Российских и региональных грантов. Выявлены группы наибольшего риска и апробированы методы оздоровления пострадавших. Среди населения, живущего около источников токсиканта, наибольшему риску подвергаются сельские жители, прежде всего, дети. Признаки неблагоприятного воздействия ртути: микроциркуляция ртути в организме, нарушения нервно-психического, иммунного и гормонального статуса.

Ключевые слова: риск, ртуть, здоровье

ASSESSMENT OF POPULATION HEALTH EXPOSED TO TECHNOGENIC MERCURY

N.V. Efimova¹, M.P. Dyakovich¹, G.G. Bicheva¹, L.G. Lisetskaya¹, P.V. Koval²,
L.D. Andrulajtis², I.V. Bezgodov³

¹ Angarsk Branch of Research Institute of Industrial Medicine and Human Ecology SC ME ESSC SB
RAMS, Angarsk

² A.P. Vinogradov's Institute of Geochemistry SB RAS, Irkutsk

³ Center of Hygiene and Epidemiology, Irkutsk

The presented studies run for territory of Irkutsk area during the period of 1997–2006 years with the support of international, Russian and regional grants. The revealed groups of the maximum risk to health and approved methods of recovery damaged. Among the population living near the toxicant sources, the rural people, first of all, the children, are known to be subjected to risk. The signs of unfavourable mercury effects: mercury microcirculation in the organism, disturbances of the nervous-psychical and hormonal states have been revealed.

Key words: risk, mercury, health

Опасность воздействия ртути для здоровья населения и окружающей среды Иркутской области связана с деятельностью химических комбинатов: ОАО «Химпромусоль» (производство каустической соды и производство винилхлорида) и ОАО «Саянскхимпласт» (производство каустической соды и жидкого хлора методом ртутного электролиза. Данные государственного и производственного контроля на предприятиях химической промышленности, использующих ртуть в технологическом процессе, подтверждают экстремальный уровень загрязнения воздуха рабочей зоны, что может представлять опасность для здоровья работающих [2, 6, 8].

Целью многолетних комплексных исследований коллективом сотрудников различных учреждений являлась оценка риска здоровью населения, подвергающегося воздействию техногенной ртути и разработка путей реабилитации пострадавших. Исследования выполнялись в рамках грантов Администрации Иркутской области (1997–2000 гг.), грантов научно-технической программы «Здоровье человека в Сибири» (1999, 2000 гг.), гранта Института устойчивых сообществ ПОЛЛ–2000 № 1267 GR10/ISC-2003 (2004 г.), Российского фонда гуманитарных исследований № 05-06-06111 (2005–

2006 гг.). Исследования выполнялись по единой программе с определением ртути в биосубстратах атомно-абсорбционным методом на приборе «Юлия-2» у 726 человек. Скрининговое обследование включало: интервьюирование по специализированным анкетам, рекомендованным специалистами Института Болезни Минамата, а также осмотр терапевта, невролога, психологические тесты, оценку риска общепатологических синдромов [1, 4].

Риск формирования меркуриализма наиболее высок среди сельских контингентов. Группой чрезвычайного риска зачастую являются рыбаки и члены их семей, диета которых включает рыбу и морепродукты в количествах, превышающих рекомендации ФАО/ВОЗ [7, 9, 10]. Подобные результаты получены нами в ходе исследований, в Иркутской области больший риск ущерба здоровью имеют жители сел, территория которых прилегает к акватории Братского водохранилища и подвергаются влиянию техногенной ртути. Установлено, что более 30 % опрошенных употребляют в пищу рыбу ежедневно в период активного лова. В годы, характеризующиеся сложной социально-экономической ситуацией, доля лиц, диета которых содержала избыточное количество рыбы, была несколько выше.

В исследованиях института Геохимии СО РАН указывается, что после закрытия цеха — источника ртути произошло некоторое снижение содержания токсиканта в воде, пахотных угодьях, донных осадках, рыбе [2, 3]. Результаты лабораторных наблюдений, проведенных с нашим участием, показали аналогичные результаты. При сравнении загрязнения атмосферного воздуха селитебной зоны г. Усолья-Сибирского по двум периодам: 1990 — 1998 гг. (во время работы основного источника загрязнения) и 1999 — 2003 гг. отмечено снижение средних уровней ртути в пробах в 20 — 122 раза по различным точкам. Максимальные концентрации сократились более чем в 3 раза. Исследование почвы показывают, что в пробах, отобранных в районе жилой застройки, превышений ПДК не регистрировалось. Особую опасность как источник вторичного загрязнения представляет почва ц.2101. Средние концентрации превышают ПДК, в 1990 году они составили 30,95 ПДК, в 2003 году — 1,07 ПДК.

Поступление в пищевые продукты по пищевой цепи ртути может происходить в результате естественных процессов. Наиболее интенсивное накопление ртути в пищевых продуктах обусловлено антропогенной деятельностью человека. Второй тип круговорота, связанный с метилированием неорганической ртути, является наиболее опасным, поскольку приводит к образованию метилртути и других высокотоксичных соединений, поступающих в пищевые цепи. По данным санитарно-эпидемиологической службы Иркутской области, содержание ртути в продуктах питания не превышает гигиенических нормативов. Однако целенаправленные исследования показали, что значительная доля проб молока, рыбы содержит ртуть в концентрациях выше гигиенических нормативов. В окуне, плотве концентрация общей ртути достигала 8 ПДК, в период 2003 — 2004 гг. загрязненность рыбы сократилась и не превышает 1,5 ПДК. Наиболее высокие уровни контаминации отмечены в рыбе, выловленной в акватории Балаганского расширения. Периодичность поступления в пищу рыбы из Братского водохранилища и доля ее в ежедневном рационе у жителей села выше, чем у жителей города Усолья-Сибирское, что приводит к большему среднегодовому суточному потреблению ртути (0,08 мг и 0,004 мг соответственно). Вследствие этого, коэффициент опасности у отдельных групп сельских жителей оценивается как высокий, у горожан — как приемлемый.

Подтверждением расчетных оценок служат результаты скрининговых исследований, проведенных в зоне влияния химического комбината г. Усолья-Сибирское. При обследовании в условиях экспедиции установлено, что среди хронических заболеваний у населения прибрежных поселков преобладают вегето-сосудистые и нейроциркуляторные дистонии ($44,3 \pm 5,0$ на 100 человек). Анкетирование позволило определить вегето-сосудистую дисфункцию у $49,4 - 74,0$ % респондентов. У детей 11 — 14 лет этот показатель составляет 21,1.

Состояние равновесия отделов вегетативной нервной системы отмечено лишь у 13 %, проживающих в прибрежных поселках, а в контроле — у 28,6 %. При медицинском обследовании населения отмечаются некоторые признаки, входящие в симптомокомплекс отравления метилртутью. Настораживает выявление у детей маркеров нарушения выделительной функции почек: протеинурия, гематурия, наличие солей. При ультразвуковом исследовании щитовидной железы установлено, что изменение размеров щитовидной железы имеют 24,3 % детей, что может быть следствием не только природного дефицита йода, но и действия ртути. Концентрация ртути в моче превышает фоновый уровень у 77,9 % обследованных, а допустимый — у 10,5 %.

Настораживает выявление у детей маркеров нарушения выделительной функции почек: протеинурия, гематурия, наличие солей. При ультразвуковом исследовании щитовидной железы установлено, что изменение размеров щитовидной железы имеют 24,3 % детей, что может быть следствием не только природного дефицита йода, но и действия ртути.

При оценке риска формирования патологических синдромов среди населения, проживающего в зоне влияния техногенной ртути, установлено, что доля лиц с минимальным риском в контрольном поселке достоверно больше, чем среди лиц экспонированной группы ($38,5 \pm 13,4$, против $13,3 \pm 3,3$ %). Рейтинг риска более 0,95 у жителей Балаганска отмечается по неврологическому синдрому (у 49,5 %), артериальной гипертензии (38,1 %), ИБС (33,3 %), угрозе пограничных психических расстройств (27,6 %). При сравнении частоты высокого риска у мужчин и женщин выявлены значимые различия. У женщин риск эндокринной патологии и угроза пограничных психических расстройств связаны с величиной ртутной нагрузки ($r = 0,24$ и $r = 0,22$, $p < 0,05$). У мужчин величина ртутной нагрузки не играла, по-видимому, значительной роли, в то же время у них были установлены связи ($p < 0,05$) между риском развития эндокринных заболеваний ($r = 0,99$) и угрозой пограничных психических расстройств ($r = 0,82$) с содержанием ртути в моче.

Риск неблагоприятного воздействия ртути на эндокринную систему подтвержден с помощью интегрального показателя. Установлено, что у лиц, в крови которых циркулирует ртуть в количестве $1,8 - 21,1$ мкг/л, интегральный риск составляет $42,3 \pm 3,7$. В данной группе отмечено увеличение выведения ртути с мочой по сравнению с лицами, в крови которых не выявлено наличие ртути ($7,4 \pm 1,1$ мкг/л, против $4,1 \pm 0,2$ мкг/л, соответственно, различие достоверно по t-критерию Стьюдента). Сравнение содержания в сыворотке крови гормонов Т3, свободного Т4, ТТГ, кортизола, антител к тиреоглобулину, а также ртути в волосах и моче проведено с применением критерия Вилкоксона. Выявлены достоверные различия уровней трийодтиронина, кортизола. В группе с

микроциркуляцией ртути в организме вероятность неблагоприятного эффекта (дисфункции щитовидной железы) составляет 75,5 %.

Психофизиологическое обследование показало, что среди экспонированного населения повышен уровень личностной тревожности ($85,7 \pm 9,4$ % взрослых) при относительно низкой ситуативной тревожности ($35,7 \pm 12,8$ %). Более 90 % обследованных — лица с конкретно-действенным типом мышления со сниженными способностями к логическому мышлению, абстрагированию ($72,7 \pm 13,3$ % взрослых и $50,0 \pm 9,8$ % детей). Ослабление кратковременной, долговременной памяти отмечено у 60 — 89,3 %.

Длительные исследования, проводимые в различных странах, позволили определить фоновые уровни ртути в организме различных этнических и социальных групп, а также жителей отдельных регионов. В качестве фонового уровня ртути в моче рассматривается $3,0 - 5,0$ мкг/дм³, допустимого — до 10 мкг/дм³; в волосах: $0,5 - 1,0$ мг/кг, порогом нейротоксичности считают $30,0$ мг/кг. Нами отмечено, что накопление ртути в волосах выражено в большей степени у взрослых. Превышение мирового фонового уровня в группе детей составляет 2,1 раза, в группе взрослых — 4,2 раза. Ориентировочная ртутная нагрузка, обусловленная потреблением рыбы, коррелирует с концентрацией токсиканта в моче у взрослого населения ($r = 0,63, p < 0,01$). Подобной связи между нагрузкой и содержанием ртути в волосах по нашим данным не обнаружено, что подтверждает меньшую информативность указанного критерия для оценки риска, на что обращали внимание.

За последние 15 лет на предприятиях, использующих ртуть в технологическом процессе, всего зарегистрировано 376 случаев профессиональных заболеваний, 337 из них приходится на долю ОАО «Химпромусолье». При оценке риска здоровью, обусловленному хроническим ингаляционным поступлением ртути, отмечено, что при содержании паров металлической ртути в воздухе рабочей зоны 10 ПДК за смену коэффициент опасности составляет 14,6. Учитывая способность ртути к кумуляции, длительность периода выведения и стаж работающих, риск, обусловленный воздействием ртути, представляет чрезвычайную опасность.

Уровни содержания ртути в моче работающих в контакте с парами металлической ртути составили $54,5 \pm 2,5$ мкг/л. В крови концентрация ртути колебалась от 0 до 22 мкг/л, причем у 51 % обследованных ртуть в крови не была обнаружена. При введении антидота регистрировалось резкое увеличение выведения ртути у 73 % обследованных. Наиболее высокое увеличение отмечалось у лиц со стажем работы более 10 лет.

На основе полученных в ходе скрининга данных была сформирована группа риска, основным критерием отбора являлся контакт с ртутью, наличие токсиканта в биосубстратах, обследование которой проведено в условиях клиники института [1, 4]. В группе обследованных отмечались вы-

раженные признаки вегетативной дисфункции и однонаправленность изменений иммунного статуса. У 88 % установлено нарушение иммунитета. Следует отметить, что лабораторные признаки селективного Т-лимфоцитарного иммунодефицита установлены у 22,7 % осмотренных, а моноцитарного — макрофагального в 40,9 % случаев. Комбинированный (Т-лимфоцитарно-моноцитарный) иммунодефицит определен у 36,4 % обследованных. Из числа обследованных клинические проявления вторичного иммунодефицита — инфекционный синдром обнаружен у 40 %, аллергический у 4 % обследованных. Возможно, что прочие случаи вторичного иммунодефицита связаны с наличием патологии вегетативной нервной системы. Считается, что вегетативная нервная система, выполняющая интегративную роль в функционировании различных гомеостатических систем организма, обладает высокой чувствительностью к действию эндогенных и экзогенных раздражителей, и, следовательно, может быть водителем активности иммунокомпетентных клеток. У больных с патологией вегетативной нервной системы признаки вторичного иммунодефицита отмечаются в 81 % случаев, а у соматических больных — у 67 %.

У лиц «группы риска» выявлены изменения процессов перекисного окисления липидов: при снижении каталазного числа до 2.6 и увеличению пероксидазы (до 375 мкмоль/мин в мл) происходит накопление промежуточного (гидроперекиси липидов) и конечного продуктов (малоновый диальдегид) ПОЛ. У неврологически здоровых лиц процессы ПОЛ менее активированы, чем в группе неврологически больных. Для здоровых характерны: более низкая активность пероксидазы, более высокое каталазное число, что приводит к большей завершенности процессов перекисного окисления липидов (проявляется меньшим количеством гидроперекиси липидов и большим малонового диальдегида). Оценка липидного обмена показала низкий риск развития атеросклероза у обследованных. При изучении эмоциональной сферы выявлено, что 71 % обследованных являются эмоционально неустойчивыми. 72 % женщин и 19 % мужчин относятся к интравертированому типу личности. У большинства обследованных выявлен слабый тип высшей нервной деятельности, что может быть следствием хронического воздействия ртути [8].

Для выявления наиболее информативных признаков, характерных при воздействии малых доз ртути, полученные исходные переменные были представлены в виде матрицы размером $m \times n$, где m — количество исходных переменных, n — количество лиц, подвергшихся воздействию метилртути. В работе использовался факторный анализ с использованием метода главных компонент. В результате вычисления главных компонент стало возможным выделить компактную систему из трех основных факторов, отражающих 86 % дисперсии объектов-показателей (вместо исходного 25-мерного пространства признаков-показателей). Далее

производилось вращение факторов в пространстве переменных, чтобы облегчить предметную интерпретацию факторов. Использовался *вариационный метод* вращения факторов, как обеспечивающий лучшее разделение факторов за счет уменьшения числа переменных, связанных с каждым фактором. При этом была получена более простая система факторов, где каждый фактор имеет большие нагрузки на малое число переменных и малые нагрузки на остальные переменные.

Исходные показатели преимущественно проецировались на один из 3-х главных факторов. Наиболее значимыми были признаны следующие факторы.

Фактор, характеризующий циркуляцию ртути в организме. Причем, связь с концентрацией ртути в моче оценивалась коэффициентом 0,81; в крови — 0,75. Данный фактор отражает этиологию развивающихся нарушений здоровья.

Фактор, отражающий определенные нарушения функционирования организма. Среди них ведущими являются те, что свидетельствуют о риске развития эндокринной патологии (0,86) и атеросклероза (0,65).

Фактор, характеризующий патологию центральной нервной системы (0,52). Указанный фактор объединяет специфический симптомокомплекс интоксикации метилртутью.

Выявленные факторы достаточно хорошо, на наш взгляд, объясняют изучаемую совокупность признаков, наблюдаемых у лиц с подозрением на интоксикацию метилртутью. Применение методов корреляционного анализа позволило доказать, что риск развития эндокринной патологии и пограничных психических расстройств связан с содержанием ртути в моче ($r = 0,9$ и $0,8$ соответственно).

При сравнении подгрупп неврологически здоровых и больных различия, имеющие статистическую достоверность, выявлены лишь по содержанию Hg в крови, величине ртутной нагрузки и показателям иммунного статуса. Полученные данные еще раз подтверждают, что у лиц группы риска имеются изменения в состоянии здоровья общие для всех обследованных, несмотря на разнородность группы. В то же время клинические проявления, сопровождаемые сдвигами, характерными для стадии декомпенсации, подтвержденные лабораторными и параклиническими методами, наблюдались лишь у одной больной. Проведенное исследование позволило рекомендовать признаки в качестве критериальных для идентификации эффектов воздействия малых доз ртути.

Известно, что длительное воздействие неблагоприятных факторов даже на уровне малых доз, приводит к формированию патологических состояний и способствует хронизации различных заболеваний. В период роста и развития ребенка быстрое и значительные сдвиги даже физиологического характера могут легко трансформироваться в патологические процессы. В ходе выполнения работ по гранту РОЛЛ была разработана и апробирована Программа реабилитации детей, прожи-

вающих на территориях, экспонированных ртутью, в условиях санатория-профилактория «Родник» ОАО АНХК, направленная на общее и локальное воздействие на организм [5]. В основу концепции реабилитации детей, подвергшихся воздействию ртути, был положен принцип дифференцированного подхода с учетом состояния здоровья детей, комплексного применения медицинских, психологических, педагогических и социальных методов реабилитации, непрерывного этапного оздоровления (для детей с выраженными клиническими признаками болезни и наличием маркеров воздействия).

Среди мер по минимизации отрицательного воздействия ртути на организм и активацию выведения металла при проведении лечения исключительная роль принадлежит полноценному питанию. Однако, кроме сбалансированности рациона, необходимо было предусмотреть включение в меню продуктов богатых пектинами (фрукты, ягоды, фруктовые соки с мякотью), а также овощей (салатов из капусты, моркови). Важным является обогащение рациона йодом, поэтому в питании детей использованы морская рыба, морская капуста. Для регулирования перекисного окисления липидов дополнительно вводились в рацион растительные масла, являющиеся источником полиненасыщенных жирных кислот и витамина E, которые составляли 25 — 30 % суточной потребности жира. Был усилен контроль, чтобы все продукты соответствовали гигиеническим требованиям по химическим и микробиологическим показателям, и были произведены на территориях с низким содержанием природной и техногенной ртути в объектах окружающей среды.

Назначение питьевых минеральных вод малой минерализации в комплексе оздоровительных мероприятий позволило обеспечить корректирующее влияние на эндокринную и иммунную системы, повысить адаптационные резервы организма и усилить элиминацию ртути из организма (преимущественно из почек и печени). Прием минеральной воды был организован за 30 минут до приема пищи. Витаминотерапия включала комплекс витаминов и микроэлементов. Однако, учитывая средство метилированной ртути и цианкобаламина, для предупреждения вторичного метилирования неорганической ртути, было необходимо снизить (а по возможности исключить) введение витамина B_{12} , исключить длительные курсы витаминов C и B_6 и использовать витамины A и E, обладающие выраженным антиоксидантным действием.

Кроме того, в программе лечения применялись: электросон, УФО по нисходящему типу, йодно-бромные ванны, массаж (сухой или водный), аэроионы, орошение десен, сауна, способствующая выведению металла из организма. Антидот применялся однократно, внутримышечно (уникола 3 — 5 мл) при отсутствии противопоказаний. Дети, проживающие на территориях, загрязненных тяжелыми металлами, относятся к группе риска по возникновению острых респираторных за-

болеваний и обострению хронических очагов инфекций. В связи с чем, по показаниям, проводилась санация миндалин, носа, кожных инфекционных заболеваний. Особенное внимание при проведении реабилитации уделялось психологической разгрузке, лечебной физкультуре. Опыт проведения реабилитации детей, подвергающихся воздействию ртути, дал хорошие результаты. По результатам контроля, через 6 месяцев после оздоровления, у детей отмечено снижение циркуляции ртути в организме, улучшение психофизиологических показателей, повышение функциональных возможностей организма.

По результатам исследований установлено, что на территории Иркутской области ртуть является источником опасности не только в связи с воздействием на человека, контактирующего с металлом в процессе производства, но и вследствие переноса возможно только при планомерном последовательном снижении риска за счет реализации комплексных системных программ. Опираясь на данные собственных исследований и подходы, изложенные в научной литературе, нами предложены мероприятия по минимизации ртутного риска здоровью населения и работающих. Данная программа должна включать мониторинг за техногенным и природным поступлением ртути в окружающую среду, ранжирование обследованных территорий по уровню экспозиции; проведение скрининговых медицинских исследований на территориях риска, углубленное обследование лиц группы риска; оценка риска здоровья населения и экологического риска; разработка интегральной системы управления риском, реабилитации больных хронической ртутной интоксикацией и экспонированных групп населения. Организация периодического скринингового обследования жителей территорий, расположенных в зоне техногенного влияния ртути и диспансерное наблюдение за лицами группы риска.

Авторы выражают большую признательность коллегам, участвовавшим в выполнении работ по грантам в различные годы, а также представителям Администраций Иркутской области, Балаганского и Усольского районов, Законодательного

собрания Иркутской области, Президиумов ИИЦ СО РАН и ВСНЦ СО РАМН, поддерживавших нас в ходе проведения исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дьякович М.П. Оценка риска для здоровья при воздействии метилированной ртути // М.П. Дьякович, Н.В. Ефимова / Гигиена и санитария. — 2001. — № 2. — С. 49–51.
2. Проблемы, связанные с загрязнением ртутью объектов окружающей среды / Н.В. Ефимова, П.В. Коваль, В.С. Рукавишников, И.В. Безгодов // Бюл. ВСНЦ СО РАМН. — 2005. — № 1. — С. 127–133.
3. Коваль П.В. Антропогенная компонента и баланс ртути в экосистеме Братского водохранилища / П.В. Коваль, Г.В. Калмычков, С.М. Лавров, Ю.Н. Удодов и др. // Доклады Академии наук. — 2003. — Т. 388. — № 2. — С. 1–3.
4. Опыт выявления у населения токсических эффектов ртутного загрязнения окружающей среды / Н.В. Ефимова В.Г. Колесов, М.П. Дьякович и др. // Современные проблемы профпатологии в Восточной Сибири: Сб. мат. — Ангарск, 2001. — С. 22–26
5. Оценка риска здоровью и опыт реабилитации детского населения, подвергающегося хроническому воздействию ртути / Н.В. Ефимова, Н.И. Маторова, Л.Г. Лисецкая и др. // Приложение к Вестнику ОГУ. — 2004. — С. 34–36.
6. Рукавишников В.С. Медико-экологическая оценка ртутной опасности для населения Иркутской области / В.С. Рукавишников, Н.В. Ефимова // Гигиена и санитария. — 2001. — № 3. — С. 19–21.
7. Ртуть: экологические аспекты применения (гигиенические критерии состояния окружающей среды 101). — Женева: ВОЗ, 1993. — 124 с.
8. Трахтенберг И.М. Ртуть и ее соединения в окружающей среде / И.М. Трахтенберг, М.Н. Коршун. — Киев, 1990. — 232 с.
9. Takizava Y. Minamata disease in retrospect / Y. Takizava // World resource review. — 2000. — Vol. 12, N 1. — P. 211–223.
10. USEPA. Risk assessment Guidance for superfund. — Vol. 1: Human Health Evolutional Manual. — Washington: DS, 1989.