

ПРОБЛЕМНАЯ СТАТЬЯ

БИОМОНИТОРИНГ МЕТАЛЛОВ В ОРГАНИЗМЕ ЧЕЛОВЕКА

BIOLOGICAL MONITORING OF METALS IN HUMAN ORGANISM

Б. А. Ревич
B.A. Revich

Центр демографии и экологии человека Института народнохозяйственного прогнозирования РАН, Москва
Centre of Demography and Human Ecology, Institute of Economic Forecasting RAS, Moscow, Russia

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: токсичные химические элементы, свинец, ртуть, кадмий, никель, мышьяк, фтор, гигиенические исследования, индикаторные биосубстраты

KEY WORDS: toxic chemical elements, lead, mercury, cadmium, nickel, arsenic, fluorine, hygienic investigations, indicator biosubstrates

РЕЗЮМЕ: В обзоре рассматривается текущая ситуация по использованию методов биомониторинга химических веществ в гигиенических исследованиях в России с точки зрения оценки воздействия отдельных химических элементов, выявления приоритетных токсикантов и групп риска, оценки эффективности проводимых профилактических и природоохранных мероприятий.

ABSTRACT: The review concerns current state of usage of biological monitoring of chemical substances for hygienic investigations in Russia in the context of exposure to particular chemical elements, determination of foreground toxicants and risk groups, estimation of efficiency of prophylactic and environment-oriented measures.

Одним из наиболее надежных методов, характеризующих воздействие на здоровье населения токсичных металлов, является оценка их содержания в диагностических биосубстратах.

Большинство исследований токсичных веществ в биосубстратах, проведенных в России, не включают международную интеркалибрацию или использование стандартных образцов, что затрудняет сравнение полученных данных с зарубежными аналогами. В последние годы ситуация несколько улучшилась, несколько отечественных лабораторий, в том числе лаборатория Медицинского научного центра профилактики и охраны здоровья рабочих промышленных предприятий (Екатеринбург), лаборатория экотоксикологии Института проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, лаборатория химико-аналитических исследований Геологического института РАН, совместно с лабораторией CDC (Blood Lead Laboratory Reference System) регулярно (1-2 раза в год) участвуют в интеркалибрации по определению содержания

свинца в крови; лаборатория химико-аналитических исследований Геологического института РАН принимает участие в проектах МАГАТЭ, ежегодно проводит тестирование качества аналитических работ и интеркалибрацию результатов определения уровня тяжелых металлов в моче, а также при создании новых стандартных образцов биосубстратов.

Рассмотрим ситуацию по использованию методов биомониторинга химических веществ в гигиенических исследованиях в России, не претендуя на полный охват всех существующих работ. Результаты работ систематизированы по следующим задачам биомониторинга: определение диагностических биосубстратов для оценки экспозиции конкретных химических веществ; идентификация спектра накапливающихся токсичных веществ в организме человека и выявление приоритетных токсикантов; определение биологических ПДК и выявление групп населения повышенного риска; оценка эффективности медицинских профилактических и природоохранных мероприятий.

Определение диагностических биосубстратов для оценки экспозиции конкретных химических веществ. Выбор того или иного диагностического биосубстрата в отечественных гигиенических исследованиях часто обуславливается аналитическими возможностями лаборатории и простотой взятия того или иного биологического образца. При этом не всегда учитывается существующий мировой опыт по определению в них уровня токсичных веществ, обобщенный в токсикологических профилях, обзорах ВОЗ по токсичным веществам и ряде монографий. В качестве примера приведем сведения из Руководства по токсикологии (Casarett and Doull's Toxicology..., 1989), в котором содержатся данные по 110 веществам, но в представленную нами таблицу включены только некоторые вещества, которые реально присутствуют в окружающей среде российских населенных пунктов.

Таблица. Рекомендуемые диагностические биосубстраты (по Casarett and Doull's Toxicology: the Basic Science of Poisons, 5th ed., с добавлениями автора)

Биосубстрат	Оцениваемый элемент
Кровь	Al, Ag, Ba, Cd, Co, Cu, F, Pb, Mn, Ni, Hg, Se, Zn, Tl, U, V. Cr в эритроцитах
Моча	Sb, As, Al, Ba, Be, Cd, Ge, Co, Cu, Cr (?), F, Pb, Mn (?), Ni, Hg, Se, Tl, U, Zn, V
Волосы	As, Pb, Hg, F, Sb, Fe, Cd, Cu, Se, Zn, редкоземельные элементы

Примечание. Дискуссионными являются вопросы информативности содержания в моче хрома и марганца.

Кровь. Наиболее достоверны данные о содержании свинца в крови детей, полученные при использовании прибора Lead Cage, а также лабораториями, прошедшими соответствующую интеркалибрацию с CDC. В рамках международных проектов было также выполнено определение уровня никеля в крови женщин, проживающих вблизи металлургического производства Мончегорска (Чашин и др., 2003).

Моча. Эффективность использования этого биосубстрата показана при оценке воздействия ртути в таких «ртутных» населенных пунктах как Клин, Саранск, в зонах влияния Хайдарканского ртутного комбината (Киргизия), предприятий «Химпром» в Усолье-Сибирском, золотоизвлекательной фабрики в Башкирии (Ревич, 1990; Дулатова, 1996; Алакаева, 1997; Ларионова и др., 1997; Смирнов и др., 1998; Соболев, 1999; Шаршенова и др., 2000; Дьякович, Ефимова, 2001; Ефимова, Рукавишников, 2001; Павловская и др., 2002). Моча также является надежным индикатором для определения воздействия никеля и фтора. Повышено содержание никеля в моче (медиана 3,4 мкг/л) у жителей «никелевых» населенных пунктов Кольского полуострова, что выше такового у жителей близлежащих городов Норвегии (медиана 2,7 мкг/л) (Smith-Sivertsen et al., 1998). Определение уровня фтора в моче используется при оценке его воздействия на здоровье рабочих производства алюминия и фосфорных удобрений (Горбунов и др., 2001).

Волосы. Широкое распространение в последнее время получили методы определения микроэлементного состава волос, более 15 лет назад широко использовавшиеся и автором этой статьи (Любченко, Колесник, Ревич, 1989; Ревич, 1990а,б). Однако по ряду наиболее гигиенически значимых токсичных веществ существуют более информативные диагностические биосубстраты, например для свинца – кровь, для кадмия – моча и т. д. Результаты работ по биомониторингу содержания никеля в организме жителей «никелевых» городов Кольского полуострова позволили сделать окончательный вывод о малой информативности определения уровня этого металла в волосах и о необходимости его выявления в моче (Чашин и др., 2003), поэтому продолжать определение содержания никеля в волосах с целью оценки его воздействия малоперспективно. В отечественных работах доказано, что волосы являются хорошим индикатором воздействия на население мышьяка (Ревич, 1990б; Агаджанян, Скальный, 2001), брома (Арбузова и др., 1994), фтора (Любченко, Ревич, Лев-

ченко, 1989), группы редкоземельных и урановых элементов вблизи производства переработки Кольских апатитов (Volokh et al., 1990; Горбунов и др., 2001) и ядерно-химического комбината (Барановская, 2003), ртути (Ревич, 1990б), что согласуется с выводами и зарубежными исследователями.

Выявление групп повышенного риска на основе использования допустимых уровней – биологических ПДК. С гигиенических позиций наиболее важным представляется не только выявить факт накопления того или иного токсиканта, но и оценить это накопление с позиции его биологической значимости для здоровья населения. Пороговые уровни содержания токсичных веществ в диагностических биосубстратах наиболее детально разработаны в медицине труда. В Руководстве по токсикологии (Casarett and Doull's Toxicology..., 1989) приведены референтные и максимально допустимые концентрации содержания в биосубстратах работающего населения более 125 веществ, в том числе 27 металлов и их соединений. Для общих групп населения таких рекомендаций значительно меньше, и они относятся к свинцу, ртути, кадмию, мышьяку.

Свинец. Загрязнение окружающей среды этим металлом характерно для многих населенных пунктов, и он представляет реальную опасность для здоровья населения, несмотря на принятый в 2003 г. федеральный закон о запрете этилированного бензина.

Кровь. Одним из основных показателей воздействия свинца на состояние здоровья населения является его содержание в крови. Уменьшение уровня гемоглобина в крови наблюдается при содержании свинца более 50 мкг на 1 дл крови у промышленных рабочих, а у детей – выше 20 мкг/дл. Для работающего персонала в США допустимое содержание свинца установлено на уровне 30 мкг на 100 мл крови. При содержании свинца в крови беременных более 15 мкг/дл возрастает риск увеличения числа спонтанных аборт, поэтому этот уровень рекомендован как допустимый для этих женщин. В России рекомендуется проводить углубленные обследования работающих в контакте со свинцом при его содержании в крови выше 50 мкг/дл.

За последние 30 лет в США и многих других странах выполнены крупные исследования по оценке связи между содержанием свинца в крови ребенка и степенью выраженности тех или иных отклонений в состоянии здоровья. Результатами этих исследований, которые охватили несколько миллионов детей, стали оценочные шкалы, разработанные в Агентстве по

контролю за заболеваниями США и принятые ВОЗ и министерствами здравоохранения многих стран, достаточно подробно описанные в ряде российских работ (Ревич, 1998; Малых, 2002; Привалова и др., 2003). Биологической ПДК свинца, или, как ее еще называют, “уровнем озабоченности или настороженности”, принято 10 мкг на 1 дл крови, превышение указанного значения сопровождается снижением IQ, а также способности к обучению, поведенческими нарушениями. В последние годы появились исследования, согласно которым и при содержании свинца ниже этой величины у детей проявляются определенные изменения нервно-психического характера. Кроме того, в настоящее время ведется изучение отдаленных последствий воздействий свинца, которому люди подвергались в детстве более 15-20 лет назад, рассматривается роль свинца как фактора риска развития остеопороза в постклимактерическом периоде.

В России достоверные данные о содержании свинца в крови детей получены только в последние годы после унификации методов его определения с Центром по контролю за заболеваниями США и использования прибора Lead Care. Среднее содержание свинца в крови детей, проживающих в городах с повышенным уровнем загрязнения окружающей среды свинцом, по Свердловской области составило: в Красноуральске $11,8 \pm 0,5$ мкг/дл, Кировграде $10,8 \pm 0,4$ мкг/дл, Первоуральске $7,4 \pm 0,2$ мкг/дл, Кушве $7,5 \pm 1,08$ мкг/дл, Саратове $7,7$ мкг/дл (Rubin et al., 1997, 2003), Белове $9,9$ мкг/дл (Ревич, 1998), Липецке $5,28 \pm 2,33$ мкг/дл, Гусь-Хрустальном $4,1 \pm 1,9$ мкг/дл (Ильченко, 2002). Результаты этих работ вполне сопоставимы с ранее опубликованными данными по загрязненным территориям других стран, но в городах с металлургическим производством содержание свинца в крови детей существенно выше, чем регистрируемый в настоящее время средний уровень свинца в крови детей в США, Германии и других странах, где был запрещен этилированный бензин и снижен выброс металлургических производств.

Для расчетов риска воздействия свинца на здоровье детей используется также биокинетическая модель поступления свинца в организм детей Агентства по защите окружающей среды США, основанная на установлении взаимосвязей между содержанием свинца в крови детей и в окружающей среде: воздухе, воде, почве, пыли. Использование этой модели в России позволило установить, что почти у 2 млн. детей в городах России могут возникать проблемы в поведении и обучении, обусловленные воздействием свинца; почти 400 тыс. необходимы медицинское обследование и повторное определение уровня свинца в крови, 10 тыс., возможно, нуждаются в специальной терапии (Быков, Ревич, 2001).

Повышение содержания свинца в крови детей дошкольного возраста на 1 мкг/дл ведет к снижению интеллектуального развития ребенка на $\frac{1}{2}$ - $\frac{1}{4}$ балла, причем негативные последствия обнаруживаются и через 10 лет после воздействия свинца в раннем детстве. Ущерб от повышения концентрации свинца

в крови на 1 мкг/дл на 1 ребенка оценивается в США приблизительно в 1200 долларов. Если полагать, что в России у 0,4 млн. детей содержание свинца в крови превышает допустимый уровень только на 1 мкг/дл, это означает, что экономический ущерб для страны составит около 0,5 млрд. долларов США, или 15 млрд. рублей.

Волосы. Волосы не являются надежным индивидуальным информативным показателем воздействия свинца, вместе с тем во многих исследованиях в различных странах мира используется определение свинца в волосах детского и взрослого населения для оценки эколого-эпидемиологической ситуации. Так, например, для производственного персонала содержание свинца не должно превышать 70 мкг/г, что соответствует уровню содержания свинца в крови рабочих 40 мкг на 1 дл крови. Для детей в качестве допустимого рекомендуется содержание свинца в волосах 8-9 мкг/г, но в последние годы высказывается мнение о том, что этот уровень необходимо снизить до 3 мкг/г для детей и до 6 мкг/г для взрослых. Проведенное в России за последние 20 лет исследование более 6 тыс. образцов детских волос выявило, что наиболее высокие уровни его накопления отмечаются на территориях вблизи металлургических и аккумуляторных производств во Владикавказе, Курске, Карабаше, Красноуральске, Кыштыме, Саратове, Челябинске и других городах, а также в Брянской области – в зоне влияния чернобыльской катастрофы, так как при ликвидации чернобыльской аварии использовалось большое количество свинецсодержащих материалов, поступившее затем в окружающую среду.

Ртуть. В России существует множество источников выбросов ртути в окружающую среду. Это предприятия хлорной промышленности в Стерлитамаке, Саянске, Волгограде, Усолье-Сибирском, Кирово-Чепецке и других городах, производство ртутьсодержащих ламп в Саранске и Смоленске, металлургические производства во Владикавказе, Челябинске, Белове, Норильске, Карабаше, Медногорске, Красноуральске, Ревде, Пышме, Урале на Уральском хребте, в Реже, на Кольском полуострове и т. д. Общий выброс ртути в атмосферный воздух только от промышленных источников достигает, по экспертным оценкам, до 20 т в год. Кроме того, продолжается использование ртутьсодержащих пестицидов (гранозан), а на складских помещениях находится до 1 тыс. т этих веществ. При изучении воздействия ртути на организм человека широко используются кровь, моча и волосы.

Кровь. Содержание ртути в крови находится в пределах 0,3-1,6 мкг на 1 дл крови, но у людей, употребляющих большое количество морепродуктов, оно увеличивается до 12,7 мкг/дл. Установлена корреляция между уровнем потребления морепродуктов и концентрацией ртути в крови людей. Министерство здравоохранения Канады считает пороговым содержание ртути в крови женщин 2 мкг/дл, уровни выше 10 мкг/дл указывают на повышенный риск для здоровья, а Агентство охраны окружающей среды США ориентируется на еще более низкий уровень

ртути в пупочной крови – 0,58 мкг/дл. Для сравнения укажем, что в крови жителей такого индустриального города как Санкт-Петербург среднее содержание ртути в крови составляет $0,12 \pm 0,33$ мкг/дл (Молов и др., 2001).

Существующие в России данные о содержании ртути в крови населения позволяют достаточно надежно оценить сложившуюся ситуацию только в районах Севера, где исследования проводились в рамках проекта АМАР. Результаты исследований ртути в пупочной крови жителей Норильска, Салехарда, Дудинки, Таймыра и Ямала показали, что только у коренных жителей Таймыра и Ямала ее содержание в 10% образцов превышало рекомендуемый в США нормативный уровень 0,58 мкг/дл (Загрязнение Арктики..., 2002).

Волосы. В эколого-эпидемиологических исследованиях наиболее широкое применение нашло изучение накопления ртути в волосах. При равномерном поглощении ртути ее содержание в организме, в том числе и в волосах, быстро возрастает, достигая половины своей максимальной величины через один период полувыведения и после прекращения воздействия снижаясь по экспоненте. У людей, практически не употребляющих в пищу рыбу, содержание метилртути в волосах составляет примерно 20-25% общего содержания в них ртути и, как правило, не превышает 1-4 мкг на 1 г волос. У тех, у кого в рационе доля морепродуктов достаточно велика, почти вся ртуть в волосах содержится в форме метилртути. Национальный научный комитет США на основе многолетних исследований состояния здоровья новорожденных и их матерей-жителей Фарерских, Сейшельских островов и Новой Зеландии, питающихся в значительной степени морепродуктами, принял в качестве допустимого уровня ртути в волосах матерей 10 мкг/г (Grandjean et al., 1997), но такие высокие цифры содержания ртути в волосах населения городов России нам не известны.

Моча. Естественное (фоновое) содержание ртути в моче лиц, не имеющих производственного контакта, не превышает 10 мкг/л и составляет в среднем 5,6 мкг/л (от 3 до 26 мкг/л) (Павловская и др., 2002). Симптомы ртутной интоксикации у работающих появляются при содержании ртути в моче более 50-70 мкг/л. Поэтому этими авторами предлагается считать допустимым для рабочих уровень не более 40-50 мкг/л. Это близко к рекомендациям Американской ассоциации гигиенистов труда, согласно которым содержание ртути в моче не должно превышать 50 мкг/л в течение рабочего дня и 15 мкг на 1 л крови в конце рабочей недели.

Для групп взрослого населения, не имеющих производственного контакта, допустимый уровень ртути в моче, по оценкам некоторых авторов, не должен быть выше 10 мкг/л, но эта величина нуждается в уточнении. У детей негативное воздействие ртути проявляется при ее более низких концентрациях в моче. Так, по данным В.П. Казначеева, у детей, проживающих около реки Катунь на Алтае вблизи природных месторождений ртути, при содержании

ртути в моче выше 3 мкг/л наблюдалось достоверное увеличение риска формирования заболеваний именно тех органов и систем, которые, как правило, характерны для воздействия ртути, в Санкт-Петербурге определенные изменения психоневрологического статуса ребенка наблюдались при содержании ртути в моче более 0,9 мкг/л (Соболев, 1999).

Кадмий. Основной диагностической средой является моча, с которой происходит экскреция кадмия из организма. Впервые допустимый уровень содержания кадмия в моче на уровне 9 мкг/л был установлен Министерством здравоохранения Японии в 1970 г. Впоследствии Ассоциацией гигиенистов труда США был предложен более низкий уровень – 5 мкг кадмия на 1 г креатинина (7 мкг на 1 л мочи) и 5 мкг кадмия на 1 л крови. В России повышенный содержания кадмия в моче выявлены у населения, проживающего в зоне влияния кадмиевого производства завода “Электроцинк” во Владикавказе (Буштуева и др., 1992; Bushtuyeva et al., 1994).

Мышьяк. На основании изучения состояния здоровья детей, подвергающихся воздействию атмосферного воздуха, загрязненного мышьяком, предложено считать пороговой величиной содержание этого металла в волосах 1 мкг/г. Превышение этого значения (среднее содержание $4,27 \pm 0,79$) обнаружено в волосах населения г. Пласта, где расположено металлургическое производство, с выбросами которого в атмосферный воздух поступало в год до 100-140 т мышьяка, и обнаружено значительное превышение ПДК этого вещества в питьевой воде, почве, продуктах питания (Агаджанян, Скальный, 2001).

Оценка эффективности медицинских профилактических и природоохранных мероприятий на основании использования методов биомониторинга. Во многих странах мира исследования по оценке накопления свинца в крови детей позволили обосновать необходимость запрета на использование этилированного бензина. По данным национального исследования в США, содержание свинца в крови детей в 1976-1980 гг. составило 15,0 мкг/дл, около 700 тыс. детей в возрасте от 7 мес. до 5 лет имели повышенный уровень свинца в крови, т. е. более 10 мкг/дл. Запрет на использование этилированного бензина привел к значительному снижению уровня свинца в крови детей. Повторное исследование в США, проведенное в 1988-1991 гг., выявило значительное снижение среднего содержания свинца в крови детей – до 3 мкг/дл. Произошло также снижение уровня свинца в крови детей в Бельгии, Канаде, Германии, Новой Зеландии, Швеции, Англии и других странах. Например, среднее содержание свинца в крови детей из Финляндии и Испании в настоящее время составляет 3-5 мкг/дл. В России примером подобных положительных явлений можно назвать Красноуральск, Воронеж, где реализуются меры по снижению выбросов свинца и начаты профилактические программы по снижению содержания свинца в крови детей. Так, например, в Красноуральске в результате мероприятий по благоустройству города (замена загрязненного песка на игровых детских

площадках, систематическая уборка улиц с использованием воды и др.) и обучения населения мерам профилактики уровень содержания свинца в крови детей снизился почти в 2 раза (Малых, 2002).

Заключение

В социально-гигиенический мониторинг необходимо включить подпрограмму биомониторинга токсичных металлов в диагностических биосубстратах человека, подготовить информационное письмо об информативности диагностических биосубстратов и существующих рекомендациях по их допустимому содержанию. В настоящее время имеется только несколько нормативных документов с утвержденными методиками выполнения измерений концентраций неорганических и органических токсикантов в биосубстратах (Любченко, Ревич, Левченко, 1989; Определение содержания..., 1994; Массовая концентрация..., 2000; Определение химических соединений..., 2000; Методика определения..., 2003), отсутствуют нормативная документация по отбору, хранению, транспортировке, подготовке к анализу биосубстратов, отечественные стандартные образцы биосубстратов крови, мочи, волос с достоверно установленными концентрациями токсичных веществ, нормативы погрешности, достоверности и надежности полученных аналитических данных в биосубстратах. Это приводит к необходимости использования зарубежных стандартных образцов состава при аттестации методик анализа.

Благодарность

При подготовке этой публикации важную информацию предоставили зав. аналитической лабораторией Института геологии РАН С. М. Ляпунов, зав. лабораторией аналитической химии и мониторинга токсичных веществ Института медицины труда АМН Украины В. Ф. Демченко, директор Российского научно-исследовательского центра чрезвычайных ситуаций МЗ и СР РФ С. Ю. Семенов.

Литература

Агаджанян И.А., Скальный А.В. 2001. Химические элементы в среде обитания и экологический портрет человека. М. 83 с.

Шаршенова А.А., Омурзакова К.С., Симбаев Б.С. и др. 2000. Актуальные проблемы экологического мониторинга ртутно-сурьмяного биогеохимического региона. Бишкек.

Алакаева Р.А. 1997. Экологические проблемы промышленных зон Урала. Магнитогорск.

Арбузова Т.П., Пастухова О.М., Кулеш Т.А. 1994. Мониторинг окружающей среды, оценка и возмещение экономического ущерба, наносимого здоровью населения ее загрязнением // Материалы 1-й Международной конференции. Пермь. С.84-85.

Барановская Н.В. 2003. Элементный состав биологических материалов и его использование для выявления антропогенноизмененных территорий на примере

южной части Томской области / Автореф. дис... канд. биол. наук. Томск. 20 с.

Буштуева К.А., Безпалько Л.Е., Ревич Б.А. 1992. Кадмий в окружающей среде. // Цинк и кадмий в окружающей среде. Л.: Наука.

Быков А.А., Ревич Б.А. 2001. Оценка риска загрязнения окружающей среды свинцом для здоровья детей в России // Медицина труда и промышленная экология. № 4. С.6-10.

Горбунов А.В., Голубчиков В.В., Ляпунов С.М. и др. 2001. Воздействие производства азотно-фосфорных минеральных удобрений на окружающую среду и человека // Экол. химия. Т.10. № 4. С.255-268.

Дулатова Г.М. 1996. Гигиеническая оценка уровней накопления ртути в организме работающих и разработка способа ее выведения. Автореф. дис... канд. биол. наук. М.

Дьякович М.П., Ефимова Н.В. 2001. Оценка риска для здоровья при воздействии метилированной ртути // Гиг. и сан. № 2. С.49-51.

Ефимова Н.В., Рукавишников В.С. 2001. Медико-экологическая оценка ртутной опасности для населения Иркутской области // Гиг. и сан. № 3. С.19-21.

Загрязнение Арктики, 2002. Программа по мониторингу и оценке окружающей среды Арктики. Осло. 2002.

Ильченко И.Н. 2002. Эколого-эпидемиологические технологии оценки ущерба здоровью детского и взрослого населения для научно обоснованного планирования профилактических программ / Автореф. дис... д-ра мед. наук. М. 40 с.

Ларионова Т.К. и др. 1997. // Экологические проблемы промышленных зон Урала. Магнитогорск. С. 27.

Любченко П.Н., Колесник В.В., Ревич Б.А. 1989. Микроэлементный состав волос рабочих завода керамических красок // Гиг. труда. № 3. С.7-9.

Любченко П.Н., Ревич Б.А., Левченко Н.И. 1989. Скрининговые методы для выявления групп повышенного риска среди рабочих, контактирующих с токсичными химическими элементами: Метод, рекомендации. - М. 24 с.

Молов А.М., Карпова Л.С., Петров А.Н., Семенов Е.В. 2001. // Токсикол. вести. № 5. С.6-10.

Малых О. Л. 2002. Оценка риска свинцовой экспозиции для здоровья детей, проживающих в зоне влияния выбросов промышленных предприятий / Автореф. дис... канд. мед. наук. Екатеринбург.

Массовая концентрация свинца в образцах крови. Методика выполнения измерений методом атомно-абсорбционной спектроскопии с проточным концентрированием. МВИ № 4/2000. Госстандарт РФ. 2000 / Сост. С. М. Ляпунов и др. М. 2000.

Методика определения микроэлементов в диагностируемых биосубстратах методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ИСП-МС): Метод, рекомендации. М. 2003. 24 с.

Определение содержания ртути в объектах окружающей среды и биологических материалах. МУК 4.1.005-4.1.008-94. М. 1994. 16 с.

Определение химических соединений в биологических средах. Методы контроля. Химические факторы. Сборник методических указаний МУК 4.1.763-4.1.779-99. М. 2000. 152 с.

- Павловская Н.А., Кирьяков В.А., Савельев С.И. 2002. Свинец, ртуть, никель: ранняя диагностика токсического действия на организм. Липецк.
- Ревич Б.А. 1990а. Свинец в биосубстратах населения промышленных городов // Гиг. и сан. № 4. С.28-33.
- Ревич Б.А. 1990б. Химические элементы в волосах человека как индикаторы воздействия загрязнения производственной и окружающей среды // Гиг. и сан. № 3. С.55-59.
- Ревич Б. А. 1998. Свинец и здоровье детей // Экологические и гигиенические проблемы здоровья детей и подростков. С.229-260.
- Ревич Б.А., Ляпунов С. М., Серегина И. Ф. 1998. Опыт изучения воздействия свинца на здоровье детей г. Белово // Медицина труда и пром. экол. № 12. С.25-32.
- Смирнов А.Г., Чухловина М.Л., Жарская В.Д., Корсакова Е.А. 1998. Влияние малых концентраций ртути на центральную нервную систему // Гиг. и сан. № 2. С.49-51.
- Соболев М.Б. 1999. Методы оценки и снижения токсического действия ртути в дозах малой интенсивности у детей / Автореф. дис... канд. мед. наук. СПб.
- Чашин В.П., Айламазян Э.К., Сивочалова О.В., Домнин С.Г., Никанов А.Н. 2003. Охрана репродуктивного здоровья населения как проблема гигиены // Здоровье населения и среда обитания". № 7. С.4-9.
- Привалова Л.И., Кацнельсон Б.А., Кузьмин С.В. и др. 2003. Экологическая эпидемиология: принципы, методы, применение. Екатеринбург. 276 с.
- Bushtuyeva K., Revich B., Bezpalko L. 1994. Cadmium in the environmental of three Russian cities and in human hair and urine // Arch. Environ. Hlth. Vol. 49. P.284-288.
- Casarett and Doull's Toxicology: the Basic Science of Poisons. New York. 1989. 768 с.
- Grandjean P., Weihe P., White R.F., Deves F., Araki S., Yokoyama K., Murata K., Sorensen N., Dahl R., Jorgensen P.J. 1997. Cognitive deficit in 7-year-old children with prenatal exposure to methylmercury // Neurotoxicol. and Teratol. Vol. 20. P.1.
- Rubin C.H., Revich B. et al. 1997. Childhood lead poisoning in Russia: A site-specific pediatric blood lead evaluation // Int. J. Occup. Environ. Hlth. Vol. 3. P.241-248.
- Rubin C.H., Jones R.L, Revich B.A. et al. 2003. Environmental Health collaboration: United States and Russia International // Int. J. Hyg. Environ. Hlth. Vol.206. P.1-6.
- Smith-Sivertsen T., Tchachtchine V., Lund E. et al. 1998. Urinary nickel excretion in populations living in the proximity of two Russian nickel refineries: a Norwegian-Russian population-based study // Environ. Hlth. Perspect. Vol. 16. No.8. P.503-511.
- Volokh A.A., Gorbunov A.V., Gundorina S.F., Revich B.A., Frontasyeva M.V., Chen Sen Pal. 1990. Phosphorus fertilizer production as a source of rare-earth elements pollution of the environment // Sci. Total. Environ. Vol.95. P.141-148.