

УДК 546.49 : 57.04 : 615.91

О РОЛИ БИОМОНИТОРИНГА ПРИ ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ, ПОДВЕРЖЕННОГО ЭКСПОЗИЦИИ РТУТЬЮ

Л.В. Луковникова¹, Г.И. Сидорин¹,
Л.А. Аликбаева², А.В. Галошина¹

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт токсикологии Федерального медико-биологического агентства», 192019, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

²Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 191015, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

При обследовании населения, экспонированного органическими и неорганическими соединениями ртути, предлагается комплексный подход, включающий, проведение химического мониторинга объектов окружающей среды, биологического мониторинга, клиническое обследование лиц, подверженных действию ртути, выявление групп повышенного риска.

Ключевые слова: опасность органических и неорганических соединений ртути, химический и биологический мониторинг.

Целью государственной политики в проблеме сохранения здоровья нации является последовательное снижение до приемлемого уровня риска негативного воздействия опасных химических и биологических факторов на население и окружающую среду. Реализация поставленной цели осуществляется в соответствии с такими принципами как соблюдение законодательства Российской Федерации, а также принятых Российской Федерацией обязательств по международным соглашениям в области обеспечения химической и биологической безопасности.

Одним из международных соглашений в области обеспечения химической безопасности, в котором с 24 сентября 2014 года участвует Российская Федерация, является конвенция Минамата – *Minamata Convention on Mercury* — межгосударственный договор, направленный на защиту здоровья людей и окружающей среды от антропогенных выбросов и высвобождений ртути и её соединений, которые могут приводить к отравлениям ртутью [1]. Согласно Конвенции правительства стран, являющиеся ее Сторонами, должны принимать ряд мер по предотвращению развития неблагоприятных последствий для здоровья населения: ограничивать выделение ртути в воздух

благодаря использованию «чистых» технологий без сжигания угля, снятию с производства ртутьсодержащих изделий, прекращение использования ртути при добыче золота и других металлов, синтезе хлора. В конвенции Минамата, работах отечественных и зарубежных исследователей подчеркивается, что ртуть является химическим веществом, вызывающим обеспокоенность в глобальном масштабе вследствие ее переноса в атмосфере на большие расстояния, стойкости в окружающей среде, ее способности к биоаккумуляции в экосистемах, высокой токсичностью и опасностью ртути и ее соединений для человека [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8].

Источники поступления неорганических соединений ртути в окружающую среду разделяются на природные и антропогенные. Основным природным источником поступления ртути в среду обитания человека является естественный процесс ее испарения из земной коры в количестве от 2700 до 6000 тонн ежегодно [4, 9]. К антропогенным источникам ртути в атмосфере относятся: производство ртути, хлора, сжигание всех видов топлива, коксохимические предприятия, цветная металлургия, применение ртути в судостроении и машиностроении [4, 5, 8]. На предпри-

Луковникова Любовь Владимировна (Lukovnikova Lubov Vladimirovna), д.м.н., профессор, ведущий научный сотрудник ФГБУН ИТ ФМБА России, 192019, г. Санкт-Петербург, lukovnikova@toxicology.ru

Сидорин Геннадий Иванович (Sidorin Gennadiy Ivanovich), д.м.н., профессор, ведущий научный сотрудник ФГБУН ИТ ФМБА России, 192019, г. Санкт-Петербург, sidorin.g@mail.ru

Аликбаева Лилия Абдулняимовна (Alikbaeva Liliya Abdunajimovna), д.м.н., профессор, заведующий кафедрой общей и военной гигиены ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России, 191015, г. Санкт-Петербург, alikbaeva@mail.ru

Галошина Анна Владимировна (Galochina Anna Vladimirovna), аспирант ФГБУН ИТ ФМБА России, 192019, г. Санкт-Петербург, kritich@mail.ru

ятиях металлургии в атмосферный воздух выделяется от 5 до 7% ртути от общего объема получаемого металла. При получении 1 тонны черновой меди в воздух атмосферы выбрасывается около 2,09 тонн аэрозолей с содержанием до 4% ртути [8].

В организм человека ртуть и ее соединения поступают в виде паров металлической ртути, ее неорганических и органических соединений. В производственных условиях наибольшее значение имеет ингаляция ртути и ее соединений в виде паров и аэрозолей [5, 8, 9].

Источниками поступления органических соединений ртути (ОСР) в окружающую среду являются предприятия химической промышленности, синтез и применение ртутьорганических пестицидов. Попадая в атмосферный воздух, водоемы, почву органические соединения ртути представляют реальную угрозу для окружающей среды и здоровья человека. Еще одним источником ОСР в объектах окружающей среды является процесс метилирования неорганической ртути в почве, донных отложениях озер, рек и других водоемов, с включением в трофические цепи и концентрированием по мере продвижения от низших к высшим трофическим уровням, накоплением более всего в рыбе и морепродуктах [6, 10, 11, 12]. Основными путями поступления ОСР в организм животных и человека являются пероральный (в результате потребления рыбы и морепродуктов) и ингаляционный (при синтезе и применении ртутьорганических ядохимикатов).

Общая схема поступления ртути в объекты окружающей среды и организм человека и животных представлена на рисунке 1 [6].

Отравления ртутью известны давно. Токсические свойства металлической ртути знали греки и римляне еще за 300 лет до нашей эры. Со времен Римской империи известны случаи отравления рабов, занятых на добыче ртути. Основной симптомокомплекс ртутной интоксикации хорошо иллюстрируется известной английской поговоркой – «Безумен, как шляпник», которая отражает выраженные расстройства нервной си-

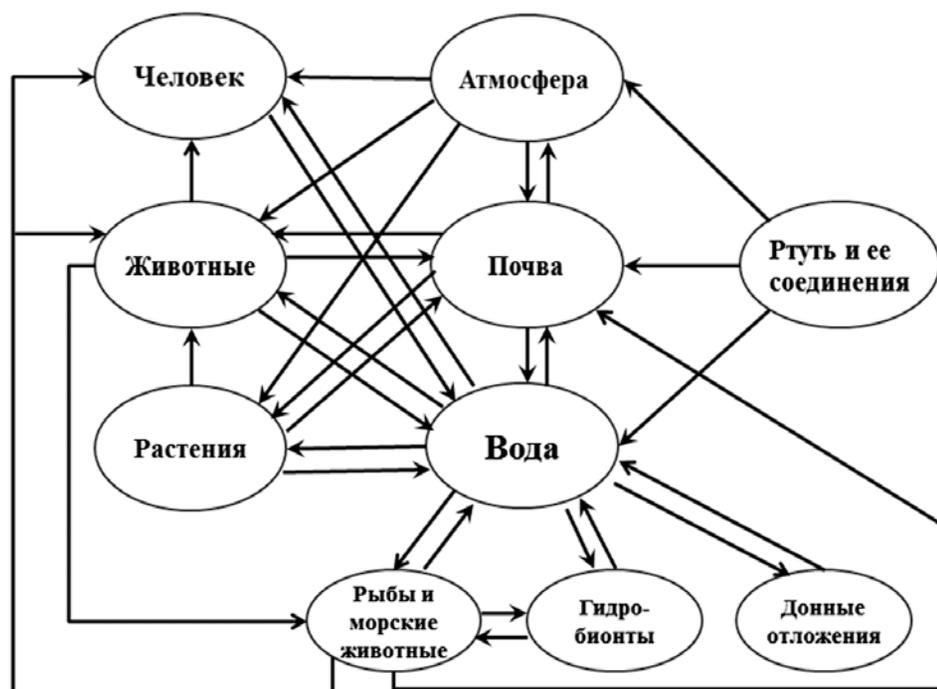


Рис. 1. Схема циркуляции ртути и ее соединений в окружающей среде

стемы у лиц, занятых обработкой фетра нитратом ртути [6]. Действие ртути на здоровье рабочих подробно представлено в классическом труде Б. Рамаццини «Рассуждение о болезнях ремесленников» (1700). Описывая труд людей, занятых изготовлением зеркал, он указывал, что вследствие применения ртути у них развивались «...параличи, астма и другие страдания». Автор особо отмечал, что «...самой губительной вредностью для шахтеров являются пары, выделяющиеся из рудников, где добывается ртуть» [6].

В настоящее время острые отравления парами ртути встречаются редко. Хронические отравления ртутью развиваются постепенно и проявляются в виде признаков микромеркуриализма и меркуриализма, подробно представленные в работах отечественных и зарубежных авторов [5, 6, 8, 12, 13].

Однако не все авторы применяют термин меркуриализм и микромеркуриализм обоснованно. Известны работы, в которых диагноз ртутной интоксикации ставится достаточно свободно без оценки уровня внешнего воздействия, который мог быть причиной развития отравления, без результатов клинического обследования пострадавших, без критического анализа уровня содержания ртути в биосредах, не отмечая различий в характере токсического действия неорганических и органических соединений ртути [14, 15, 16, 17].

Одно из самых массовых отравлений органическими соединениями ртути получило название болезни Минамата. Причиной болезни явилось

накопление метилртути в рыбе и морепродуктах, которые были основной пищей жителей поселка на берегу залива Минамата (Япония). Как стало известно, к трагедии привели многолетние сбросы в залив ртутьсодержащих стоков. С 1932 года по 1968 год в залив поступило около 200 тонн ртути [5, 6, 11, 12]. Превращение неорганической ртути в метилированные соединения является решающим моментом в процессе водного биоаккумуляции. Далее метилртуть накапливаясь водной биотой и, достигая наивысшей концентрации в тканях рыб, креветок и других морских животных, поступая в организм жителей поселка Минамата, привела к известной трагедии [11, 12]. Отравления ОСР были зарегистрированы в Ираке, Гане и других странах, вследствие употребления в пищу зерна, обработанного ртутьорганическими пестицидами [10, 11, 12, 18].

В отличие от неорганических соединений ртути токсичность ОСР не зависит от пути поступления в организм. Особенностью интоксикации ОСР, в сравнении с клиникой отравления неорганическими соединениями ртути, является стойкость неврологической симптоматики: преобладание жалоб, указывающих на патологию гипоталамических структур мозга и уменьшение симптомов, свидетельствующих о патологии периферической нервной системы [6, 8, 11, 12, 13, 18, 19]. Наряду с поражением центральной нервной системы, интоксикация ОСР характеризуется выраженным кардиотоксическим действием, которое проявляется в виде кардиомиодистрофии и гипотонии. Способность ОСР к взаимодействию с SH-группами тканевых белков, а также с амино- и карбоксильными группами, приводит к нарушению активности многих ферментных систем. Наличие углеводородного радикала обеспечивает проникание в богатые липоидами ткани, в том числе и в мозг [6, 11, 12, 19]. По данным многих авторов органические соединения ртути проявляют гонадотоксическое действие, проникают через плаценту, вызывают повреждение развития плода [4, 6, 8, 10, 11, 12, 13, 19, 20, 21].

В связи с распространенностью ртути и ее соединений в различных объектах окружающей среды и реальной возможностью их поступления в организм человека, контроль за содержанием ртути и ее соединений в биосредах организма может быть объективным методом, отражающим не только уровень токсиканта в организме человека, но и критерием, характеризующим загрязнение окружающей среды ртутью [3, 5, 6, 22, 23, 24, 25].

В странах Евросоюза и США в практику оценки опасности профессионального воздействия химических веществ наряду с химическим мониторингом внедряются методы биомониторинга. В США приняты и обоснованы основные

количественные характеристики биомониторинга – биологические индексы экспозиции (БИЭ) или Biological Exposure Indices (BEI). В 80-е годы прошлого столетия Американская конференция правительственных промышленных гигиенистов (American Conference of Governmental Industrial Hygienists – ACGIH) включила в свои перечни химических веществ, помимо величин порогового предела (TLV), значения биологических индексов экспозиции (BEI), которые постоянно пополняются [26, 27]. В издании ACGIH 2011 года содержится 50 значений BEI более чем для 80 химических веществ [28].

В России биомониторинг как система оценки потенциальной опасности действия токсиканта для здоровья работающих до настоящего времени не имеет должного распространения и «... остается предметом обсуждения лишь в научных кругах» [29], несмотря на то, что именно биомониторинг как научное направление отечественной токсикологии имеет давнюю историю, прославленную такими именами как И.Д. Гадаскина, В.А. Филов, И.М. Трахтенберг. Более 30 лет назад были опубликованы первые отечественные монографии, в которых впервые были изложены количественные подходы по обоснованию биологических тестов (индексов) экспозиции при действии органических и неорганических веществ [30, 31]. Современные публикации по использованию кинетических и метаболических критериев действия химических веществ появились значительно позднее [25, 26, 27, 32].

Еще реже используется биомониторинг как система оценки потенциальной опасности действия токсикантов для здоровья неработающего населения, хотя именно биомониторинг обеспечивает гигиенистов и клиницистов объективными данными о количестве поступившего в организм химического вещества, включая все пути: через легкие, кожу и позволяет наиболее полно представить суммарное воздействие токсиканта на человека. Применение этого методологического подхода для прогнозирования риска здоровью человека в результате химического воздействия может быть весьма информативным, о чем свидетельствуют исследования отечественных и зарубежных авторов [3, 6, 22, 23, 24, 25, 26, 32, 33].

Европейский центр ВОЗ по окружающей среде и охране здоровья координирует и внедряет разработку показателей на основе биомониторинга для эффективного обследования населения регионов, в которых существуют проблемы с химическим загрязнением. В своем отчете «Показатели экспозиции к химическим веществам на основе биомониторинга» анализируя экологическую ситуацию, одного из регионов Италии (Сицилия, Катанья, 2012), эксперты ВОЗ разработали список приоритетных загрязните-

лей, биомаркеров экспозиции для обследования населения и выделили наиболее уязвимые контингенты – беременные женщины и дети [23, 25]. В качестве биомаркеров экспозиции ртутью рекомендованы: определение ртути в волосах, пуповинной крови, крови, моче [25]. В отдельных случаях биомаркером экспозиции может быть определение ртути в грудном молоке [11].

Примером подобного исследования может быть определение содержания ртути в крови жителей центральной части Санкт-Петербурга и пригородных районов, которое показало, что среднее значение содержания ртути в крови взрослых жителей мегаполиса составило $1,79 \pm 0,32$ мкг/дм³ (n=53), в крови детей содержание ртути определялось на уровне $1,82 \pm 0,42$ мкг/дм³, (n=31), среднее значение ртути в крови беременных женщин оказалось равным $1,25 \pm 0,33$ мкг/дм³, (n=47) [14,15]. В норме у лиц, без признаков интоксикации, по данным отечественных и зарубежных авторов количество ртути в крови определяется на уровне от 5 до 12 мкг/дм³ [23,25]. Полученные результаты позволяют сделать заключение о том, что в организме обследованных лиц содержание ртути не превышает допустимых уровней, т.е. из объектов окружающей среды (воды, воздуха, пищевых продуктов) не поступает опасных для здоровья названных контингентов количеств ртути.

В работах И.Н. Ильченко, А.И. Егорова предлагается проводить регулярные национальные исследования по оценке содержания ртути в организме человека, используя рекомендации ВОЗ с применением методов биомониторинга [22, 23]. Анализ пуповинной крови, определение содержания ртути в крови, моче, волосах обследуемых, продуктах питания (прежде всего в рыбе как источнике метилртути) позволяет представить представление об уровне ртутной экспозиции в различных регионах и выделить группы риска среди населения, подверженного действию ртути. Авторы обращают внимание, что в Европе, США, существующие официально принятые нормативы содержания ртути в различных биосредах организма, не вызывающие неблагоприятных изменений здоровья человека, постоянно пересматриваются, что объясняется вполне объективными причинами: изменением содержания ртути в объектах окружающей среды, например, в морской воде, в рыбе и морепродуктах, недостаточным количеством биомониторинговых исследований, особенно исследований выполненных в динамике [23].

Еще одной причиной является несовершенство методологии обоснования величины безопасного содержания ртути в организме, что является непростой задачей, успешное решение которой возможно при использовании междисциплинарного подхода с привлечением гигиени-

стов, токсикологов, клиницистов, выполнением необходимых химических и биохимических исследований.

В работах, посвященных разработке теоретических принципов биомониторинга, неоднократно отмечается, что биомониторинг как система оценки риска здоровью, является вспомогательным инструментом токсиколого-гигиенических исследований, результаты которого необходимо сопоставлять с уровнем внешнего воздействия и обязательным подтверждением данными клинического обследования лиц, подверженных химическому воздействию [3, 30, 31, 34, 35, 36]. Один из самых признанных специалистов по оценке токсического действия ртути И.М.Трахтенберг подчеркивал, что определение даже повышенных концентраций ртути в крови на уровне $0,14-0,40$ мг/дм³ не всегда подтверждается клиническими проявлениями интоксикации [6, 7].

Количественные характеристики определения токсикантов в биосредах зависят от множества причин, среди которых немаловажное значение имеют параметры легочной вентиляции, особенности гемодинамики, конституции индивидуумов, состояние функции почек, активность ферментов метаболизирующих систем, различия в степени физической нагрузки. Изменять показатели биологического мониторинга могут вредные привычки (алкоголь, курение), прием лекарственных препаратов, социально-бытовые условия проживания, качество потребляемых продуктов питания, питьевой воды. Все перечисленные факторы, несомненно, могут быть причиной колебаний величин биологических индексов экспозиции и способны исказить представление о степени опасности химического загрязнения внешней среды. В этой связи следует еще раз привлечь внимание исследователей к тому, что данные биомониторинга служат дополнением к химическому мониторингу объектов окружающей среды, клиническому обследованию населения и широко используются для подтверждения результатов исследования даже в спорных и экспертных ситуациях. Привлечение гигиенистов, токсикологов, клиницистов, выполнение необходимых химических и биохимических исследований, отражающих не только наличие токсиканта в биосредах, но и ответную реакцию организма позволяет объективно обосновать уровень безопасного содержания токсиканта в организме человека.

Оценку состояния здоровья населения, подверженного токсическому действию ртути, можно представить как последовательное выполнение комплекса исследований: контроль за уровнем внешнего воздействия (химический мониторинг воздуха, почвы, воды, пищевых продуктов), определение биомаркеров экспозиции

(определение содержания ртути в биосредах), клиническое обследование наиболее уязвимых групп населения и выявление биомаркеров эффекта. В общем виде для выявления групп

повышенного риска среди населения можно рекомендовать определенный алгоритм токсиколого-гигиенических исследований, представленный на рисунке 2.



Рис. 2. Алгоритм исследований для выявления групп повышенного риска среди населения

Предлагаемый алгоритм может быть применен для выявления групп повышенного риска здоровью населения в результате токсического действия не только ртути, но и любого другого токсиканта, представляющего опасность для здоровья человека.

Заключение. Таким образом, количественные показатели биомониторинга, наряду с результатами химического контроля за содержанием токсиканта в объектах окружающей среды, и данными клинического обследования населения могут быть не только объективными характеристиками загрязнения среды обитания человека, но критериями оценки коллективного и персонализированного риска здоровью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. The Minamata Convention on Mercury. Available at: <http://www.mercuryconvention.org/> (accessed 12 May 2014).
2. Курляндский Б.А., Хамидулина Х.Х., Кудинова О.Н. Современные тенденции промышленного развития России и токсикологические проблемы химической безопасности. Токсикологический вестник. 2005; 1: 2-7.
3. Луковникова Л.В., Фролова А.Д., Чекунова М.П. Металлы в окружающей среде: проблемы мониторинга. Эффективная терапия. 2004; 1: 74-79.
4. Сидорин Г.И. Ртуть как ксенобиотик. Вестник Санкт-Петербургской медицинской академии им. И.И.Мечникова. 2001; 1: 78-86.
5. Трахтенберг И.М., Коршун М.И., Козлов К.П. Ртуть как глобальный химический загрязнитель. Токсикологический вестник. 2006; 3: 2-7.
6. Трахтенберг И.М. Книга о ядах и отравлениях. Очерки токсикологии. Киев: Наукова думка; 2000.
7. Трахтенберг И.М., Колесников В.С., Луковенко В.П. Тяжелые металлы во внешней среде. Минск: Наука и Техника; 1994.
8. Ртуть. МРПТХВ Научные обзоры советской литературы по токсичности и опасности химических веществ. Программа ООН по окружающей среде (ЮНЕП), №Москва: Центр международных проектов ГНТ; 1982.
9. Ершов Ю.А., Плетнева Т.В. Механизм токсического действия неорганических соединений. М.: Медицина; 1989.
10. Борисенко Н.Ф., Кучак Ю.А. Влияние ртутьорганических пестицидов на окружающую среду и здоровье населения. Гигиена и санитария. 1989; 12: 65-69.
11. Луковникова Л.В., Сидорин Г.И., Аликбаева Л.А. Опасность острых и хронических отравлений органическими соединениями ртути. Профилактическая и клиническая медицина. 2013; 2: 16-19.
12. Метилртуть. Гигиенические критерии состояния окружающей среды. Женева: ВОЗ; 1993.
13. Дрогичина Э.А., Садчикова М.Н. Интоксикация ртутью и ее органическими соединениями. М.: Медицина; 1966.
14. Малов А.М., Карпова Л.С., Петров А.Н., Семенов Е.В. Содержание ртути в крови женщин с различными сроками беременности г. Санкт-Петербурга. Токсикологический вестник. 2001; 5: 5-11.
15. Малов А.М., Сибиряков В.К., Муковский Л.А., Семенов Е.В. Ртуть как фактор риска для здоровья человека. Известия Самарского научного центра РАН. 2014; Т.16, 5(2): 907-910.
16. Семенов А.С., Скальный А.В. Иммунопатологические и патобиохимические аспекты патогенеза перинатального поражения мозга. Санкт-Петербург: Наука; 2000.
17. Шилов В.В. Экологическая токсикология ртути. Эколого-эпидемиологическая экспертиза здоровья населения – основа рациональной профилактики болезней. Материалы XXXV научной конференции СПбМАПО «Хлопнистые чтения» под ред. А.П. Щербо и С.С. Першина. СПб.: СПбМАПО; 2002.
18. Русских В.А., Фролова И.Н. Материалы к обоснованию предельно допустимой концентрации диэтилртути в воздухе рабочей зоны. Гигиена и санитария. 1973; 1: 100-102.
19. Элленхорн Метью Дж. Медицинская токсикология: Диагностика и лечение отравлений у человека: в 2 томах. Т.2: пер с англ. М.: Медицина; 2003: 1044.
20. Вашакидзе В.И. Экспериментальные данные о гонадотропном, эмбриотропном и мутагенном действии гранозана. Вопросы гигиены и токсикологии пестицидов. М.: Медицина; 1970: 134-139.
21. Гончарук Г.А. Влияние ртутьорганических пестицидов ртути на организм человека. Гигиена и санитария. 1968; 6: 111-119.
22. Егоров А.И., Ильченко И.Н., Ляпунов С.М., Марочкина Е.Б., Окينا О.И., Ермолаев Б.В., Карамышева Т.В. Применение стандартизованной методологии биомониторинга человека для оценки пренатальной экспозиции к ртути. Гигиена и санитария. 2014; 5: 10-18.
23. Ильченко И.Н. Обзор исследований по оценке воздействия ртути на население в постсоветских странах с использованием данных биомониторинга человека. Здравоохранение Российской Федерации. 2015; 59(1): 48-53.
24. Луковникова Л.В., Галошина А.В. Показатели биомониторинга при оценке загрязнения территории мегаполиса ртутью. Медико-биологические проблемы токсикологии и радиобиологии. Тезисы докладов Российской Федерации. 2015; 59(1): 36-37.
25. Показатели экспозиции к химическим веществам на основе биомониторинга. Отчет о совещании в Катании, Италия, 19-20 апреля 2012 г. ВОЗ; 2012.
26. Biological Monitoring of Chemical Exposure in Workplace. Guidelines. Geneva: WHO, 1996; 1.
27. TLVs and BEIs. Based on the Documentations for Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents Biological Exposure Indices. ACGIH. WORLDWIDE; 1999.
28. TLVs and BEIs. Based on the Documentations for Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents Biological Exposure Indices. ACGIH. WORLDWIDE; 2011.
29. Российская энциклопедия по медицине труда / гл. редактор академик РАН Н.Ф.Измержев. М.: Медицина; 2005.
30. Гадаскина И.Д., Гадаскина Н.Д., Филов В.А. Определение промышленных неорганических ядов в организме. Ленинград: Медицина; 1975.
31. Гадаскина И.Д., Филов В.А. Превращение и определение промышленных органических ядов в организме. Ленинград: Медицина; 1971.
32. Ткачева Т.А. Биомаркеры в токсикологии и оценке риска. Тезисы докладов 2-го съезда токсикологов России. М.: Российский регистр потенциально опасных химических и биологических веществ Минздрава России; 2003: 256-2.
33. Луковникова Л.В., Сидорин Г.И., Баринов В.А., Галошина А.В. Развитие представлений о роли биомониторинга в промышленной токсикологии от Н.В.Лазарева до наших дней. Актуальные вопросы промышленной токсикологии. Материалы науч-

но-практической конф., приуроченной к 10-летию токсикологического центра Федерального медико-биологического агентства (Москва, 26-27 ноября 2014 г.) М.: Издательство Перо; 2014: 16-21.

REFERENCES:

1. The Minamata Convention on Mercury. Available at: <http://www.mercuryconvention.org/> (accessed 12 May 2014).
2. Kurljandskij B.A., Hamidulina H.H., Kudinova O.N. Modern trends of industrial development of Russia and Toxicological problems of chemical safety. *Toksikologicheskij vestnik*. 2005;1: 2-14 (in Russian).
3. Lukovnikova L.V., Frolova A.D., Chekunova M.P. Metals in the environment: problems monitoring. *Jefferentnaja terapija*. 2004; 1: 74-79 (in Russian).
4. Sidorin G.I. Mercury as a xenobiotic. *Vestnik Sankt-Peterburgskoj medicinskoj akademii im. I.I.Mechnikova*. 2001; 1: 78-86 (in Russian).
5. Trahtenberg I.M., Korshun M.I., Kozlov K.P. Mercury as a global pollutant chemical. *Toksikologicheskij vestnik*. 2006; 3: 2-7 (in Russian).
6. Trahtenberg I.M. A book about poisons and poisonings. *Essays on toxicology*. Kiev: Naukova dumka; 2000 (in Russian).
7. Trachtenberg I.M., Kolesnikov V.S., Lukovenko V.P. Heavy metals in the environment. Minsk: Navuka i Tjehnika; 1994 (in Russian).
8. Mercury. *Mcdv Scientific reviews of Soviet literature on toxicity and hazards of chemical substances. The UN environment programme (UNEP), No. Moscow: Centre of international projects GKNT; 1982 (in Russian).*
9. Ershov Ju. A., Pletneva T.V. Mechanism of toxic action of inorganic compounds. M.: Medicina; 1989 (in Russian).
10. Borisenko N.F., Kuchak Ju.A. The effect of organomercury pesticides on the environment and health of population. *Gigiena i sanitarij*. 1989; 12: 65-69 (in Russian).
11. Lukovnikova L.V., Sidorin G.I., Alikbaeva L.A. The risk of acute and chronic poisoning with organic mercury compound. *Profilakticheskaja i klinicheskaja medicina*.

34. Фролова А.Д., Луковникова Л.В., Чащин В.П., Сидорин Г.И. К проблеме мониторинга химических веществ. *Медицина труда и промышленная экология*. 2003;8: 1-35.
35. Циркт М. Биологическая оценка

- 2013; 2: 16-19 (in Russian).
12. Metilirtut'. *Gigienicheskie kriterii sostojanija okruzhajushhej sredy* 1Zheneva: VOZ; 1993.
13. Drogichina Je.A., Sadchikova M.N. Intoxication with mercury and its organic compounds. M.: Medicina; 1966 (in Russian).
14. Malov A.M., Karpova L.S., Petrov A.N., Semenov E.V. Mercury in blood of women with different pregnancy St. Petersburg. *Toksikologicheskij vestnik*. 2001; 5: 5 - (in Russian).
15. Malov A.M., Sibirjakov V.K., Mukovskij L.A., Semenov E.V. Mercury as a risk factor for human health. *Izvestija Samarskogo nauchnogo centra RAN*. 2014; 16, 5(2): 907-9(in Russian).
16. Semenov A.S., Skal'nyj A.V. Immunopathological and pathobiochemical aspects of the pathogenesis of perinatal brain damage. Sankt-Peterburg: Nauka; 2009 (in Russian).
17. Shilov V.V. The environmental toxicology of mercury. *Jekologo-jepidemiologicheskaja jekspertiza zdorov'ja naselenija - osnova racional'noj profilaktiki boleznej. Materialy XXX nauchnoj konferencii SPbMAPO «Hlopinskie chtenija» pod red. A.P. Shherbo i S.S. Pershina. SPb.: SPbMAPO; 2002 (in Russian).*
18. Russkih V.A., Frolova I.N. Materials for substantiation of maximum permissible concentration of diesel ducy in working zone air. *Gigiena i sanitarija*. 1973; 1: 100-102 (in Russian).
19. Jellenhorn Matthew J. MD. Medical toxicology: Diagnosis and treatment of poisoning in man: in 2 vols. Vol. 2: translated from English. M.: Medicina; 2003 (in Russian).
20. Vashakidze V.I. Experimental data on the gonadotropic, abrotanum and mutagenic action granosan. *Voprosy gigieny i toksikologii pesticidov*. M.:

профвредностей. Профилактическая токсикология. Сборник учебно-методических материалов. Т. Центр междунородных проектов. Москва: ГКНТ; 1984: 165-185.

36. Пиотровский Е. Использование

- Medicina; 1970: 134-139 (in Russian).
21. Goncharuk G.A. The effect of organomercury pesticides mercury and mercurhexane on the offspring of albino rats. *Gigiena i sanitarija*. 1968; 6: 111-113 (in Russian).
22. Egorov A.I., Il'chenko I.N., Ljapunov S.M., Marochkina E.B., Okina O.I., Ermolaev B.V., Karamysheva T.V. Apply a standardized methodology of human bio-monitoring to assess prenatal exposure to mercury. *Gigiena i sanitarija*. 2014; 5: 10-18 (in Russian).
23. Il'chenko I.N. A review of studies assessing the impact of mercury on the population in post-Soviet countries using data from biomonitoring of human. *Zdravooohranenie Rossijskoj Federacii*. 2015; 59(1): 48-53 (in Russian).
24. Lukovnikova L.V., Galoshina A.V. Indicators of biomonitoring in the assessment of pollution within the metropolis by mercury. *Mediko-biologicheskije problemy toksikologii i radiobiologii: Tezisy dokladov Rossijskoj nauchnoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem. Sankt-Peterburg; 2015: 36-37 (in Russian).*
25. Indicators of exposure to chemicals based on biomonitoring. *Otchet o soveshhanii v Katani', Italija, 19-20 aprelja 2012 g. VOZ; 2012 (in Russian).*
26. Biological Monitoring of Chemical Exposure in Workplace. Guidelines. Geneva: WHO. 1996; 1.
27. TLVs and BEIs. Based on the Documentations for Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents Biological Exposure Indices. ACGIH. WORLDWIDE; 1999.
28. TLVs and BEIs. Based on the Documentations for Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents Biological Exposure Indices. ACGIH. WORLDWIDE; 2011.
29. Russian encyclopedia of occupational medicine / gl. redaktor akademik RAMN

кинетики метаболизма и выведения токсических веществ в решении проблем промышленной токсикологии. М.: Медицина; 1976.

- N.F. Izmerov. M.: Medicina; 2005 (in Russian).
30. Gadaskina I.D., Gadaskina N.D., Filov V.A. The definition of industrial inorganic poisons in the body. Leningrad: Medicina; 1975 (in Russian).
31. Gadaskina I.D., Filov V.A. Transformations and definition of industrial organic poisons in the body. Leningrad: Medicina; 1971 (in Russian).
32. Tkacheva T.A. Biomarkers in toxicology and risk assessment. *Tezisy dokladov 2-go sezda toksikologov Rossii. M.: Rossijskij registr potencial'no opasnyh hi-micheskij i biologicheskij veshhestv Minzdrava Rossii; 2003: 256-258 (in Russian).*
33. Lukovnikova L.V., Sidorin G.I., Barinov V.A., Galoshina A.V. The development of ideas about the role of biomonitoring in industrial toxicology from N.V. Lazareva to the present day. *Aktual'nye voprosy promyshlennoj toksikologii. Materialy nauchno-prakticheskoi konf., priurochennoj k 10-letiju toksikologicheskogo centra Federal'nogo mediko-biologicheskogo agentstva (Moskva, 26-27 nojabrja 2014 g.) M.: Izdatel'stvo Pero; 2014: 16-21 (in Russian).*
34. Frolova A. D., Lukovnikova L.V., Chashhin V.P., Sidorin G.I. To the problem of monitoring chemical substances. *Medicina труда i promyshlennaja jekologija*. 2003; 8: 1-6 (in Russian).
35. Циркт М. Biological evaluation of privredna. *Preventive current-sicologia. Sbornik uchebno-metodicheskij materialov. T.Centr mezhdunarodnyh pro-ektov. Moskva: GKNT; 1984: 165-185 (in Russian).*
36. Piotrowski E. Use of the kinetics of metabolism and excretion of toxic substances in solution of problems of industrial toxicology. M.: Medicina; 1976 (in Russian).

L.V. Lukovnikova¹, G.I. Sidorin¹, L.A. Alikbaeva², A.V. Galochina¹

ON THE ROLE OF BIOMONITORING IN THE ASSESSMENT OF THE HEALTH OF THE POPULATION EXPOSED TO MERCURY

¹«Institute of Toxicology» of Federal Medico-Biological Agency, Saint-Petersburg, Russian Federation, 192019, Saint-Petersburg, Russian Federation

² The Federal State Budgetary Educational Institution for Higher Education «North-West State Medical University named after I.I. Mechnikov» of the Ministry of Health of the Russian Federation, 191015, Saint-Petersburg, Russian Federation

When examining the population exposed to organic and inorganic compounds of mercury, a comprehensive approach is proposed, including chemical monitoring of environmental objects, biological monitoring, clinical examination of persons exposed to mercury, identification of high-risk groups.

Keywords: danger of organic and inorganic mercury compounds, chemical and biological monitoring.

Материал поступил в редакцию 14.04.2017 г.