

**Медико-экологические аспекты
ртутной контаминации в условиях мегаполиса**

Малов А.М., Александрова М.Л.

*ФГУН «Институт токсикологии» ФМБА России,
Санкт-Петербург, malexmish@rambler.ru*

Анотация.

Методом холодного пара измерено содержание ртути в некоторых объектах окружающей среды - грибы, овощи и в крови некоторых популяционных групп населения. Приведены данные о связи содержания ртути в крови жителей города и окружающей среде; установлена закономерность, что большей загрязненности ртутью среды соответствует большее носительство ртути в крови.

Ключевые слова: Санкт-Петербург, ртутное загрязнение, кровь, грибы, овощи

Medical-ecological aspects

of mercury contamination in megapolis conditions

Malov A.M., Alexandrova M.L. malexmish@rambler.ru

FSSI Institute of toxicology FMBA of Russian , Saint-Petersburg

Abstract.

The contents of mercury is measured by a cold vapour method in some objects of an environment - mushrooms, vegetables and in blood of the some groups of the citizen. The data are resulted about connection of contents of mercury in blood of the citizen and an environment; law is established, that to the greater mercury contamination of an environment corresponds the greater mercury contents in blood.

Key words: Saint-Petersburg, mercury contamination, blood, mushrooms, vegetables

Введение.

Высокая токсичность ртути, обусловленная ее особыми физико-химическими свойствами, ставит это вещество в ряд приоритетных неорганических экотоксикантов современности, в связи, с чем она продолжает привлекать внимание различных специалистов во всем мире - токсикологов, экологов, врачей различного профиля, специалистов по переработке бытовых и промышленных отходов, административные структуры. Ртуть и ее соединения являются высокотоксичными соединениями, отнесенными в России к первому, высшему классу опасности.

Последствия и симптоматика ртутного отравления в немалой степени зависит с одной стороны от дозы, пути поступления и вида токсиканта, а с другой от физиологических особенностей организма. Ртутная интоксикация характеризуется широким спектром проявлений, часть из них носит вегетативный характер, некоторые нарушения проявляются в сфере высшей нервной деятельности, но преобладающей является неврологическая и нефрологическая симптоматика (Табл. 1).

Таблица 1

Некоторые эффекты воздействия ртути на организм

Systems	Symptoms
Nerve system	neurology and psychical disorder
Immune system	immunity disorder, carcinogenesis
Reproductive system	the damage to spermatogenesis
Respiratory system	bronchial irritation, pneumonitis
Gastrointestinal tract	inflammatory effects
Renal system	ultrastructural changes – the degeneration of the distal convoluted tubules

В настоящее время достаточно хорошо изучены последствия острого и подострого воздействия ртути на живой организм, отработана процедура диагностирования, схемы детоксикации и лечения и на передний план исследований в проблеме ртутной интоксикации выступает т.н. «меркуриализм» (MERCURIALISMUS), как хроническое воздействие относительно небольших доз ртути и ее соединений, «характеризующееся нарушением деятельности ЦНС и пищеварительного аппарата, дерматозами и т.д.» [10].

Актуализации этого направления исследований способствуют как распространение загрязнения окружающей среды по всему миру ртутью, которая становится одной из серьезных проблем современной цивилизации [13, 16, 17, 19] так и обнаружение новых механизмов токсического действия ртути [5] в частности установление того факта, что нежелательные последствия для здоровья могут наступить при гораздо более низких концентрациях экотоксикантов, чем считалось ранее [3].

Ртуть распространяется по земле благодаря атмосферному переносу и при выделении из местных источников контаминации.

Антропогенный характер ртутной контаминации обусловлен в основном двумя причинами: во-первых, значительным количеством ртути добываемой человеком, сопоставимым с естественным выходом ее в окружающую среду [12]; во-вторых, несовершенством технологических процессов и низкой эффективностью утилизации ртутных отходов. Так, по данным Ежегодного исполнительного комитета по загрязнению окружающей среды ежегодно в атмосферу земли только при сжигании каменного угля выбрасывается 1475 т тонн ртути.

Континентальные вклады в это процесс представлены на рис.1.

Несмотря на усилия государственных, общественных и др. организаций, различного рода природоохранные мероприятия количество этого металла (и его соединений) поступающего в окружающую среду год от года увеличивается [8]. Большую роль в биотрансформации ртути, ее перемещении в окружающей среде и т.о. в глобализации ртутного загрязнения играют живые системы, в частности, микроорганизмы, способствующие превращению ртути в органические летучие, подвижные, хорошо растворимые в биологических средах соединения.

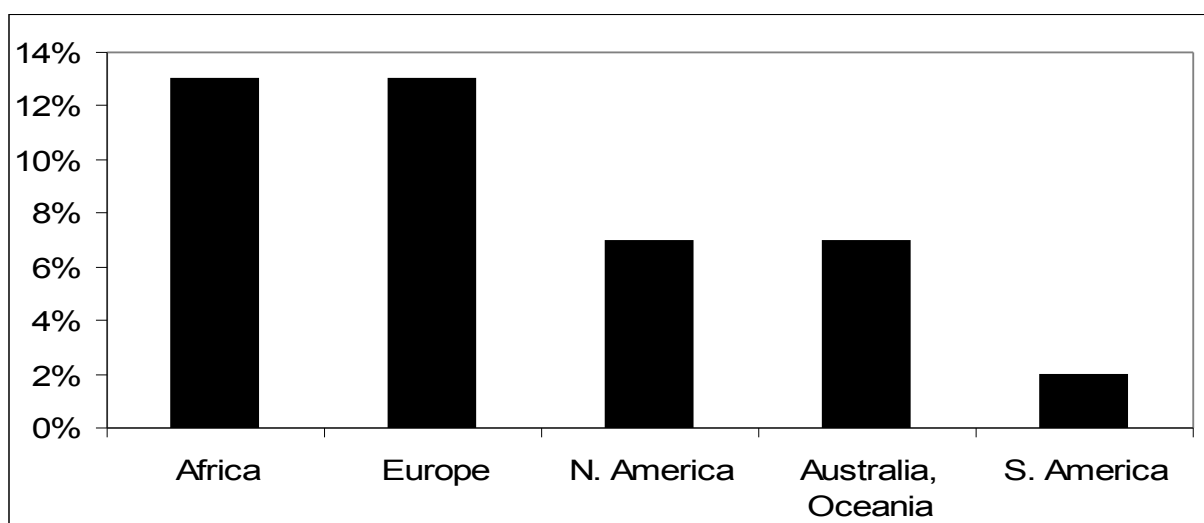


Рис. 1. Вклад континентов в загрязнение атмосферы ртутью от сжигания каменного угля (всего 1475 тонн в год) [10].

В результате этого процесса, например, в морской среде происходит тысячекратное накопление ртути в пищевой цепи от планктона до хищных рыб. Особое место в этом превращении занимает метилртуть, как основной продукт этой биотрансформации. Важно отметить, что именно это соединение образуется в организме человека при вдыхании паров металлической ртути, чем собственно и особенно опасна металлическая ртуть в

отличие от других неорганических экотоксикантов.

В последние годы в свете активизации террористической деятельности нельзя исключать, и тому есть примеры, что ртуть (ее соединения) могут стать доступным и относительно легко применимым террористическим агентом с острыми или отставленными последствиями для здоровья и жизни населения, так же как она применяется в качестве криминального средства [7].

Особенно остра проблема ртутной контаминации, для крупных и индустриальных центров, где сосредоточены производства и лабораторные установки с использованием ртути и ее соединений. Развитая транспортная система способствует расширению ареала распространения токсиканта [18].

Настоящее исследование посвящено загрязненности территории и носительству ртути в крови некоторых популяционных групп жителей второго по величине города России - Санкт-Петербурга. Санкт-Петербург имеет население около 5 млн. человек и занимает площадь 1350 кв. км. Он является крупнейшим индустриальным центром России с развитой машино- и судостроительной промышленностью, с крупным химическим и электротехническими производством. Санкт-Петербург - крупнейший транспортный узел России с развитым железнодорожным, автомобильным и воздушным сообщением, это большой морской и речной порт [14]). В свете сказанного представляют как научный, так и практический интерес сравнительные данные о контаминации ртутью территории мегаполиса и носительстве этого токсиканта в биосредах некоторых популяционных групп жителей этого города.

Таким образом целью настоящего исследования было исследование загрязненности территории Санкт-Петербурга ртутью и связь этого фактора с носительством ртути у некоторых популяционных групп этого мегаполиса.

Материалы и методы исследования.

«Общую», т.е. без разделения на минеральную и органическую составляющие, ртуть определяли с помощью непламенной атомно-абсорбционной спектрофотометрии, т.н. «методом холодного пара». Для этой цели был использован специализированный модифицированный серийно выпускаемый в России анализатор ртути «Юлия-2», схематически представленный на рис. 2

Пробоподготовка исследуемого материала была осуществлена на основе рекомендаций для подобного рода процедур, изложенных в инструкции на указанный анализатор и других соответствующих нормативных документах РФ. В качестве стандарта содержания ртути использованы Российские Государственные стандартные образцы растворов ртути (ГСО

РР).

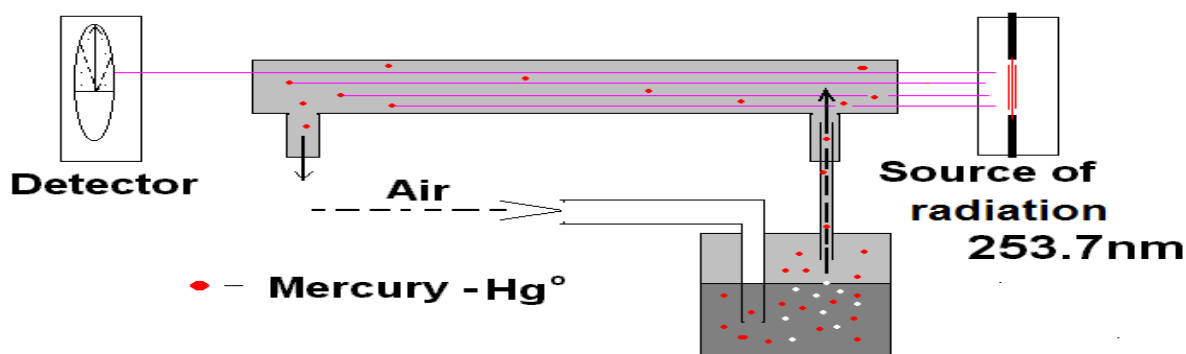


Рис. 2 Принцип метода ААС - «холодного пара»

Для интегральной оценки загрязненности городской среды мы выбрали путь, который в первом приближении, как мы считаем, достаточно адекватно отражает положение дел в этой сфере. Он основан на косвенной оценке содержания ртути в почвенном слое грунта, где в конечном итоге аккумулируются поверхностные стоки, смыв со зданий, сооружений, технических средств; осадки и пыль также в конце концов оказываются в почве [6]. Почва является своеобразным аккумулятором и активным трансформатором различного рода веществ, находящихся в природе. Вся растительность, отмирающие (микро)организмы, осадки и выбросы и прочие естественные и антропогенные продукты рано или поздно оказываются в почве. В равной степени, это относится к ртути и ее соединениям.

Для интегральной оценки загрязненности окружающей среды мы воспользовались известным свойством высших грибов аккумулировать соединения ртути из субстрата произрастания, т.е. почвы [9]. Обмен веществ грибов таков, что мицелий поглощает непосредственно из почвы органические и неорганические вещества, в том числе и соединения ртути.

Высшие грибы можно обнаружить практически во всех частях мегаполиса – они растут на газонах, в парках, садах и т.д. Собранные таким образом в разных частях города плодовые тела грибов, точнее обнаруженная в них ртуть, стала индикатором загрязненности различных частей города и пригородов этим загрязнителем. По некоторым оценкам в почвенном слое концентрируется около 50% всех рассеянных и сосредоточенных запасов ртути в Санкт-Петербурге [6].

Идентифицированные грибы были собраны в различных частях города, условно разделенных на центрально-индустриальную (I) и периферическую части (II) и пригородный район

(III). Полученные данные были условно распределены на три, соответствующие районам категории: (I), (II) и (III).

Для исследования были использованы следующие виды грибов: *Agaricus silvaticus*, *Russula claroflava*, *Leccinum scabrum*, *Coprinus plicatilis*, *Boletus edulis*, *Clavicorna pyxidata*, *Cantharellus cibarius*, *Lactarius pubescens*, *Rozites caperata*, *Piptoporus betulinus*.

Для изучения носительства ртути у горожан в качестве биосреды кровь была выбрана в силу ряда причин. Во-первых, именно ей посвящено наибольшее количество опубликованных данных, что дает возможность сопоставления результатов исследования. Во-вторых, это наиболее «коммуникативная» среда организма - именно через кровь происходит первичное поступление ртути в организм, благодаря крови происходит перераспределение этого токсиканта между органами и тканями, в процессе выделения ртути кровь также играет важную роль. Статистическая обработка данных выполнена с помощью программы BIOSTAT [20]/

Результаты и их обсуждение: Абсолютные значения содержания ртути в плодовых телах грибов приведены в табл. 2, там же уровень меркуризации почвы выражен в единицах ПДК для ртути, равный в России 50мкг/кг [1].

Таблица 2

Содержание ртути в плодовых телах высших грибов, выросших в различных частях СПб.

Анализируемый район города	Содержание ртути в грибах	
	в мкг/кг	в единицах ПДК
I	549 - 1287	>10
II	130-421	1-10
III	11-50	≤1
Обозначение: I - центрально-индустриальная часть, II - периферическая часть, III - пригородный район. ПДК ртути в грибах равно 50мкг/кг.		

Данные табл. 2 свидетельствуют о том, что в почве в центрально-индустриализованной части СПб (I) ртути гораздо, на порядок больше, чем в периферической, «спальной» (II) и тем более в пригородной (III). Непосредственное измерение загрязненности почвенного слоя в СПб показало [6]), что «наиболее высокое содержание ртути в почвах отмечается в центральной части города, в районах промышленных зон и свалок»

В связи с этим будет уместно привести полученные нами данные о возможной роли хозяйства мегаполиса в загрязнении территории. Так, в почвах удаленных от Санкт-Петербурга на расстояние более 100 км., содержание ртути оказалось равным 28.8 ± 7.7 мкг/кг, $n = 89$. В почвах мест, загрязненных городскими бытовыми отходами содержание ртути на-

ходило в диапазоне от 253 мкг/кг до 400 мкг/кг. Растения, выращенные на тех и других почвах, имели и различное содержание ртути (табл. 3.), т.е. не только грибы (гетеротрофы), но и растения (автотрофы) восприимчивы к загрязнению почвы ртутью.

Таблица 3

Содержание ртути в овощах выращенных на различных почвах

Вид овощей	Содержание ртути в овощах (мкг/кг)	
	Почва с добавлением продуктов переработки городских отходов	Обычная почва
Огурцы	602 - 618 *	6.3 - 0.6
Капуста	59.3	4.9
Свекла	47.0	1.4
Примечание: * - культура, выращенная в парнике.		

Эти данные свидетельствуют о том, что мегаполис, как средоточие различных производств, интенсивной техногенной активности человека являются источниками ртутного загрязнения окружающей среды.

Это отличие загрязненности ртутью сопоставляемых территорий нашло свое отражение в носительстве ртути в крови горожан, проживающих на этих территориях (Табл. 4). Для сопоставления были выбраны сопоставимые популяционные группы жительниц Санкт-Петербурга и одного из его пригородов, а именно женщины детородного возраста.

Таблица 4

Содержание ртути в крови двух сопоставимых популяционных групп жительниц соответствующих территорий Санкт-Петербурга.

Анализируемый район города	Содержание ртути в крови жительниц СПб, проживающих на соответствующих территориях (районах) (мкг/л)
I	1.25±0.33 (n=47)
II	
III	0.81±0.16 (n=15)
Обозначение: I - центрально-индустриальная часть, II - периферическая часть, III - пригородный район. ПДК ртути в грибах равно 50мкг/кг.	

В крови жительниц пригородного района (III) ртути примерно на треть меньше, чем у жительниц собственно мегаполиса (I, II). В этой связи уместно представить сравнительные данные, касающиеся двух значительно удаленных друг от друга населенных пунктов России – Санкт-Петербург и пос. Семеновский в центральной части России и усредненные данных

для жителей США и Германии - табл. 5. Пос. Семеновский интересен тем, что там определено имелся источник загрязнения окружающей среды - золотоперерабатывающая фабрика, которая лишь в 1999 г. возобновила свою работу и использующая в технологическом процессе металлическую ртуть.

Таблица 5.

Содержание ртути в крови жителей Санкт-Петербурга, пос. Семеновский (Россия), США и Германии

Страна (город)	Содержание ртути в крови (мг/л)	
	взрослые	дети
Россия, Санкт-Петербург	1.79±0.32 (n = 53)	1.82 ± 0.42 (n = 31)
	1.25±0.33 (n = 47) (женщины 20 – 40 лет)	(< 18 лет)
Россия, пос. Семеновский, Республика Башкортостан [18]	0.5 мкг/кг * (1997г)	
	5.1 мкг/кг ** (1999г)	
США (CAS 7439-97-6)	1.35	0.343 (< 5лет)
	1.02 (женщины 16 – 49 лет)	
Германия (Becker et al., 1998, Venes et al., 2000)	0.58 – 0.78	0.33 – 0.46 (6 – 14лет)
Примечание. * 1997 г. - до пуска золотоперерабатывающего предприятия **1999 г. - после пуска золотоперерабатывающего предприятия		

Из данных таблицы 5 следует, что в крови петербургских детей содержание ртути выше чем у взрослых, хотя достоверность этого обстоятельства невелика, его скорее следовало бы в данном контексте трактовать как неотличимость этих средних значений содержания ртути в крови взрослых и детей Санкт-Петербурга. Для последующих рассуждений важно, что в крови детей США и Германии ртути гораздо меньше, чем у их взрослых соотечественников. По-видимому, это не случайные отличия. Подтверждением тому может быть сообщение Ларионовой [4], которая пишет, что после пуска золотоперерабатывающего предприятия в крови детей ртути оказалось больше, чем у взрослых людей. Мы полагаем, что это не артефакты, а отражение особенностей поступления ртути в организм детей и взрослых людей.

Известно, что удельная интенсивность обменных процессов в организме ребенка выше, в том числе и газообмена, чем у взрослого человека; воздухозабор у ребенка приближен к земле, где концентрация паров ртути выше, т.е. удельно в организм ребенка из воздуха при дыхании поступает больше ртути, чем в организм взрослого человека.

Таким образом мы полагаем что подобно превышению содержания ртути в крови детей по сравнению со взрослыми людьми может быть своего рода диагностическим признаком ртутного загрязнения атмосферы или в более общей форме - окружающей среды.

Состояние здоровья людей, проживающих на той или иной обследованной территории, не было предметом настоящего исследования, но поскольку именно оно является конечной задачей данного направления исследований, уместно кратко сообщить о некоторых, полученных нами результатах. Во-первых, установлено, что более высокий уровень носительства тяжелых металлов, в том числе ртути, в крови сопровождается ухудшением иммунного статуса, а именно - у детей чаще наблюдаются простудные заболевания [2]. Во-вторых, даже относительно низкие значения содержания ртути в крови некоторых популяционных групп не являются свидетельством их благополучия в этом отношении. Например, для детей или как нами показано для беременных женщин [5] эти величины в силу особенностей их физиологии должны быть значительно ниже.

Таким образом, на основании полученных нами данных, их обсуждения и сопоставления с аналогичными данными из литературных источников, можно сделать следующие заключения:

Усилия международного сообщества должны быть направлены к развитию скоординированных мер для уменьшения ртутной эмиссии из антропогенных источников загрязнения, подобные тем, которые были применены к лидирующим соединениям "грязной дюжины" устойчивых органических загрязнителей. Известно, что после того, как были предприняты меры по неэтилированному бензину, произошло резкое снижение содержания свинца.

В то же время используемые при диагностировании и лечении допустимые уровни содержания ртути в крови людей должны быть дифференцированы в соответствии с полом и возрастом пациентов, при этом особое внимание должно быть уделено детям и женщинам детородного возраста и беременным.

Выводы.

1. Плодовые тела высших грибов могут быть индикаторами загрязненности ртутью среды произрастания.
2. Между уровнем загрязненности окружающей среды ртутью и носительством ртути в

крови людей, проживающих в этой среде, есть прямая связь.

Литература.

1. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. // СанПиН 2.3.21078-01 /(2.3.2 – Продовольственное сырье и продукты пищевые).
2. Карпова Л.С., Малов А.М., Фомина О.С., Попова Т.Л., Покровская Е.Е., Жубик В.М., Осидак Л.В. Иммунный статус у детей с различным уровнем Hg, Pb и Cu. // Тез. докл. 1 съезда токсикологов России, М., - 1998 - С. 59.
3. Кузьмин С.В., Канцельсон Б.А., Гурвич В.Б., Малых О.Л., Привалова Л.И., Солобоева Ю.И., Обоскалова Т.А., Поровицина А.В. Оценка влияния факторов среды обитания на здоровье беременных женщин и детей первого года жизни // Пособие для врачей – 2006 - Екатеринбург, С.16.
4. Ларионова Т.К. Ртуть в организме людей в условиях загрязнения окружающей среды ртутьсодержащими промышленными отходами. // Гигиена труда и профзаболевания - 200 - № 6, - С. 8 -10.
5. 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. - С. 5 – 11.
6. Пуминов Я.А., Решетов В.В., Машьянов Н.Р. Особенности депонирования ртути на территории Санкт-Петербурга // В сб. Ртуть. Комплексная система безопасности. - СПб.: - 1999 - С. 47 – 49.
7. Таукин П.Б. Осторожно ртуть ! - СПб.: Из-во «Щит экологии», - 2004 - С. 48.
8. Шилов В.В., Чащин В.П., Великова В.Д., Полозова Е.В., Константинов Р.В. Острые и хронические отравления ртутью.- СПб.: Издательский дом СПбМАПО - 2006 - С. 38.
9. Щеглов А.И., Цветнова О.Б. Грибы – биоиндикаторы техногенных загрязнений.// Природа. – 2002 - № 11 - С. 39 – 46.
10. Энциклопедический словарь медицинских терминов./ Под. ред Петровского Б.В, т. 2 - М: «Советская энциклопедия», 1983,- С.168.
11. Annual Meeting of Executive Council of UN Program of Environmental Pollution Nairobi, 2002.
12. The Environmental Health Risk 101. Methylmercury.// Geneva: WHO – 1990 - P. 144.
13. Gabrielsen G.W., Jorgensen E.H., Evenset A. and Kallenborn R. Report from the AMAP Conference and Workshop Impacts of POPs and Mercury on Arctic Environments and Humans // Norsk Polarinstitut/ Tromso/ 2003 - Internraport nr. 12. P. 2 – 9.
14. <http://invest.ntax.ru/doc/about>.

15. *Ivanov S.D., Kovanko E.G., Jamshanov V.A.* Influence of ratio-mercury exposure with low doses of the inclines alteration of genome instability and natural behavior activity// *Advances in Gerontology/* - 2001- V.6,- P. 55.
16. *Malov A.M., Petrov A.N., Semenov E.V.* Mushrooms as indicators of mercury pollution. // *The complete Works of International Ecologic Forum/* St. Petersburg. - 2003.- P. 626
17. Mercury – a priority pollutant/ *Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP) and arctic Council Action Plan to Eliminate Pollution of the Arctic (ACAP);* January 2005.
18. *Petrov A.N., Malov A.M., Semenov E.V.* Mercurialism as environment-related problem of Saint-Petersburg // *United States of an Annual Meeting of the American Institute of Chemical Engineers (AIChE) / 38th Environmental Board Meeting* 7 Nov. 2005.
19. *Steenhuisen F, Wilson S.* 1995 Global Anthropogenic Mercury Emissions: Spatial Data Distribution and Mapping Project. // *Atmos. Environ.* – 2003.- 37 Supplement No. 1 - S109 – S117.
20. Stanton A. Glantz, McGraw-Hill. *Primer of Biostatistics.* Fourth edition, Inc., New York, 1997. pages: xvi+473+computer program.