

Малов А.М.¹, Луковникова Л.В.^{1,2}, Аликбаева Л.А.², Якубова И.Ш.², Щеголихин Д.К.¹

РЕЗУЛЬТАТЫ БИОМОНИТОРИНГА РТУТНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЕРРИТОРИИ МЕГАПОЛИСА

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт токсикологии Федерального медико-биологического агентства», (ФГБУН ИТ ФМБА России), 192019, Санкт-Петербург²Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (ФГБОУ ВО СЗГМУ им. И.И. Мечникова Минздрава России), 191015, Санкт-Петербург

Введение. Наиболее доступным и информативным является способ оценки контаминируемости почвенного слоя (грунта) ртутью путём оценки содержания ртути в плодовых телах макромицетов, включающих в свои обменные процессы ртуть и её соединения. Наличие ртути и её соединений в объектах окружающей среды и, как следствие, возможность их поступления в организм человека, требуют постоянного контроля за содержанием этого опасного металла в окружающей среде и биосредах организма.

Материал и методы. В качестве объекта исследования были выбраны плодовые тела макромицетов, произрастающих на открытых почвенных участках: газонах, бульварах, парках, скверах, и т. д. Были исследованы представители из следующих грибных семейств: Agaricaceae, Boletaceae, Russulaceae, Coprinaceae. Грибы собирали в стадии спороношения, в весенне-летне-осенний период с 2002 по 2017 год. Определение ртути в грибах выполняли атомно-абсорбционным методом на специализированных анализаторах ртути серии «Юлия» (предел обнаружения 1 нг/г, погрешность метода составляет не более 15%). Содержание ртути в волосах у 1153 жителей Санкт-Петербурга в возрасте от 0 до 80 лет было определено методами атомно-эмиссионной и масс-спектрометрии с индуктивно-связанной аргонной плазмой на приборах Elan 9000 (Perkin Elmer, США) и Optima 2000 V (Perkin Elmer, США).

Результаты. О масштабах ртутной контаминации (загрязнённости) свидетельствуют результаты анализа грибов, собранных в 2017 году на одной из озеленённых улиц в промышленном районе Санкт-Петербурга. В трёх точках, отстоящих друг от друга примерно на 100 м, были собраны и проанализированы на содержание ртути грибы рода *agaricus comatus*. Были получены следующие значения содержания ртути – 0,61 мг/кг, 0,83 мг/кг и 0,35 мг/кг. Анализ содержания ртути в волосах 1153 жителей Санкт-Петербурга показал, что более высокие концентрации ртути, обнаруженные у трудоспособного населения в возрасте 18–64 лет, с одной стороны, это можно связать с активной профессиональной деятельностью, которая может быть сопряжена с большей вероятностью контакта с токсичными веществами, в том числе и ртутью, а с другой стороны, население в возрасте 18–64 лет ведёт более активный образ жизни, включая пищевое поведение, возможно, с большей частотой использует в рационе питания грибы, являющиеся потенциальным источником ртути.

Обсуждение. Выполненные исследования свидетельствуют о том, что ртутная контаминация носит не только генерализованный, но и устойчивый характер. Загрязнённость территории Санкт-Петербурга мало отличается от загрязнённости территорий других городов, где также обнаружено высокое, по сравнению с допустимым уровнем, содержание ртути в грибах.

Заключение. Полученные данные свидетельствуют о высокой устойчивой контаминированности территории Санкт-Петербурга и его ближайших пригородов ртутью, содержание которой в объектах окружающей среды (грибах) может представлять реальную опасность для здоровья населения, что подтверждает необходимость мониторинга за объектами окружающей среды и биосредами, предпочтительно неинвазивными методами.

Ключевые слова: биомониторинг; ртутное загрязнение; мегаполис; макромицеты; контаминированность ртутью; окружающая среда; биосреды; волосы; ртуть.

Для цитирования: Малов А.М., Луковникова Л.В., Аликбаева Л.А., Якубова И.Ш., Щеголихин Д.К. Результаты биомониторинга ртутного загрязнения территории мегаполиса. Гигиена и санитария. 2018; 97(12): 1189-1194. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-12-1189-1194>

Для корреспонденции: Аликбаева Лилия Абдулнaimовна, ФГБОУ ВО СЗГМУ им. И.И. Мечникова Минздрава России, 191015, Санкт-Петербург. E-mail: alikbaeva@mail.ru

Malov A.M.¹, Lukovnikova L.V.^{1,2}, Alikbayeva L.A.², Yakubova I.S.², Shchegolikhin D.K.¹

THE RESULTS OF THE MONITORING OF THE MERCURY CONTAMINATION WITHIN A MEGAPOLIS

¹Institute of Toxicology of the Federal Medico-Biological Agency, Saint-Petersburg, 192019, Russian Federation;²I.I. Mechnikov North - Western State Medical University, Saint-Petersburg, 191015, Russian Federation

Introduction. Macromycetes include mercury compounds in their metabolism processes. The method for assessing the contamination of the soil layer (topsoil) by mercury by estimating the mercury content in the mushrooms is accessible and sufficiently informative. Mercury is a persistent inorganic ecotoxicant, it enters the human body from the environment. This process requires constant monitoring of the content of this hazardous metal in the environment and the in biomaterials of the human organism.

Material and methods. The object of the study was selected bracket macromycetes growing on open soil areas: lawns, boulevards, parks, squares, etc. There were studied representatives from the fungal families as follows: Agaricaceae, Boletaceae, Russulaceae, Coprinaceae. Mushrooms were collected in the stage of sporulation, in the spring-summer-

autumn period from 2002 to 2017. The determination of mercury in fungi was performed by atomic absorption method on specialized mercury analyzers of the "Julia" series (detection limit of 1 ng/g, the error of the method is not more than 15%). Mercury content in hair was determined in 1153 St. Petersburg residents aged from 0 to 80 years using atomic emission and mass spectrometry methods with inductively coupled argon plasma on devices Elan 9000 (Perkin Elmer, USA) and Optima 2000 V (Perkin Elmer, USA).

Results. The results of the analysis of mushrooms collected in 2017 on one of the green streets of the industrial district of Saint-Petersburg demonstrate a high degree of mercury contamination of the megapolis. Mushrooms (*Cinereus comatus*) were collected at three locations of Alameda, separated by approximately 100 m, and were analyzed for the content of mercury in them. The following values of mercury in mushrooms were got is a 0.61 mg/kg, 0.83 mg/kg and 0.35 mg/kg. The hair of 1153 inhabitants of St.-Petersburg has been analyzed for mercury content. The highest concentrations of mercury have been established to be set at working population aged 18-64 years. This fact can be explained by the professional activities associated with the contact with mercury and active way of life, particularly with greater frequency of the use in the diet of mushrooms and other products, being potential sources of mercury.

Discussion. The performed studies show the mercury concentration to be not only generalized but also stable. The pollution of the territory of St. Petersburg is little different from the pollution of the territories of other cities, where the mercury content in mushrooms is also found to be high in comparison with the permissible level.

Conclusion. The obtained data indicate a high stable contamination of the territory of St. Petersburg and its nearest suburbs with mercury. Mercury and its compounds in environmental objects (mushrooms) can present the real danger to the health of the population, therefore there is a need for non-invasive monitoring of the content of mercury in biomaterials of the human organism and environmental objects.

Key words: biomonitoring; mercury pollution; megalopolis; macromycetes; environment; biomaterials; hair; mercury.

For citation: Malov A.M., Lukovnikova L.V., Alikbayeva L.A., Iakubova I.S., Shchegolikhin D.K. The results of the monitoring of the mercury contamination within a megapolis. *Gigiena i Sanitariia (Hygiene and Sanitation; Russian journal)* 2018; 97(12): 1189-1194. (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-12-1189-1194>

For correspondence: Liliya A. Alikbayeva, MD, Ph.D., DSci., head of the Department of general and military hygiene of the I.I. Mechnikov North-Western State Medical University, Saint-Petersburg, 191015, Russian Federation. E-mail: alikbaeva@mail.ru

Information about authors:

Malov A.M., <https://orcid.org/0000-0003-2818-834>; <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=35830371000>.

Lukovnikova L.V., <https://orcid.org/0000-0002-6368-680X>; <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602744604>.

Alikbayeva L.A., <https://orcid.org/0000-0002-2266-5041>; <https://www.scopus.com/search/form.uri?display=authorLookup&st1=Alikbayeva>.

Iakubova I.S., <https://orcid.org/0000-0003-2437-1255>; <http://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=6507656083>.

Shchegolikhin D.K., <https://orcid.org/0000-0002-3777-5892>.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgment. The study had no sponsorship.

Received: 03 July 2018

Accepted: 20 December 2018

Введение

Качество окружающей среды, как актуальная проблема, привлекает всё большее внимание мирового сообщества. Негативное антропогенное вмешательство в природные экосистемы приводит к ухудшению качества жизни и к росту заболеваемости населения. Контроль за объектами окружающей среды – многофакторная задача – требует привлечения специалистов различных научных дисциплин, многообразия методических подходов. Анализ экологической ситуации теснейшим образом связан с проблемой контаминированности окружающей среды токсичными и опасными металлами, такими как свинец, ртуть, кадмий, никель и другие. Ртуть в этой группе металлов занимает особое место вследствие высокой токсичности и опасности для человека. Необходимость и актуальность этого направления исследований отражена в Базельской Конвенции 2011 года [1] и Конвенции Минамата, ратифицированной Российской Федерацией 24 сентября 2014 г. [2]. 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. Согласно Конвенции, правительства стран, являющиеся её Сторонами, должны принимать ряд мер по предотвращению развития неблагоприятных последствий для здоровья населения: ограничение выделения ртути в воздух благодаря использованию «чистых» технологий без сжигания угля, удаление из производства ртутьсодержащих изделий, прекращение использования ртути при

добыче золота и других металлов. В статье 16 Конвенции отражены такие положения:

- разработка и осуществление учебных и профилактических программ для защиты населения, относящегося к группе риска,
- просвещение общественности,
- повышение качества оказания медицинской помощи,
- профилактика и диагностика действия ртути и ее соединений.

В конвенции Минамата, работах отечественных и зарубежных исследователей подчеркивается, что ртуть является химическим веществом, вызывающим обеспокоенность в глобальном масштабе вследствие её свободного переноса в атмосфере на большие расстояния, стойкости в окружающей среде, способности к биоаккумуляции в экосистемах, высокой токсичности и опасности для человека [2–6].

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 её испарения из земной коры в количестве от 2700 до 6000 т ежегодно [6, 7]. К антропогенным источникам появления ртути в атмосфере относятся: производство ртути, хлора, сжигание всех видов топлива, результат деятельности коксохимических предприятий, заводов цветной металлургии, применение ртути в судостроении и машиностроении [3, 5, 7, 13]. На предприятиях металлургии в атмосферный воздух выделяется от 5 до 7% ртути от общего объёма получаемого металла. При

производстве 1 т черновой меди в воздух атмосферы выбрасывается около 2,09 т аэрозолей с содержанием до 4% ртути [3, 6]. Ситуация такова, что считавшиеся ранее экологически чистые районы Крайнего Севера сегодня становятся опасными для проживания [8].

Источниками поступления органических соединений ртути (ОСР) в окружающую среду являются предприятия химической промышленности, синтез и применение ртутьорганических пестицидов. Ещё одним источником образования ОСР в объектах окружающей среды является процесс метилирования неорганической ртути в почве, донных отложениях озёр, рек и других водоёмов, с включением в трофические цепи и с концентрированием по мере продвижения от низших к высшим трофическим уровням, накапливаясь более всего в рыбе [9–12]. Попадая в атмосферный воздух, водоёмы, почву органические соединения ртути представляют реальную угрозу для окружающей среды и здоровья человека.

В связи с этим анализу содержания ртути в биологических средах, продуктах питания, объектах окружающей среды посвящено большое количество публикаций, которые подтверждают актуальность и необходимость исследований в этом направлении [13–15]. Появляются всё новые данные о выявленной загрязнённости ртутью территорий и факты негативного влияния ртути и её соединений на здоровье человека более низких, чем считалось прежде, концентраций ртути [16–18].

В организм человека ртуть и её соединения поступают в виде паров металлической ртути, её неорганических и органических соединений. В производственных условиях наибольшее значение имеет ингаляция ртути и её соединений в виде паров и аэрозолей. В зависимости от условий труда при контакте с парами ртути в организм человека за сутки может поступать до 30 мкг ртути [5, 7].

Основными путями поступления в организм человека ОСР являются пероральный и ингаляционный. Пищевыми источниками поступления ОСР в организм человека являются продукты питания, в основном рыба и морепродукты.

При ингаляции паров и аэрозолей ассимилируется примерно 80% поступившей в организм ртути [7]. При оральном поступлении усвояемость ртути зависит от химического строения, при этом известно, что неорганические формы хуже всасываются в желудочно-кишечном тракте [3, 6, 7].

Для ОСР характерно наличие выраженного раздражающего действия на кожу (вплоть до некроза при непосредственном контакте), а также кожно-резорбтивного действия с последующим развитием интоксикации. Имеются указания на развитие состояния повышенной чувствительности у рабочих, контактирующих с ОСР, в виде дерматитов и аллергических отеков [9–12].

Таким образом, наличие ртути и её соединений в объектах окружающей среды и, как следствие, возможность их поступления в организм человека, требуют постоянного контроля за содержанием этого опасного металла в окружающей среде и биосредах организма. Несомненно, что оценить контаминированность окружающей среды ртутью представляется достаточно сложной задачей из-за многообразия объектов окружающей среды и непостоянства её параметров. Одним из подходов к решению этой проблемы может служить оценка контаминированности поверхностного почвенного слоя и произрастающих на ней макромицетов [19]. Почва является своего рода накопителем и интегратором многих контаминантов, в том числе и ртути. В этой связи наиболее доступным и информативным представляется способ оценки контаминиро-

ванности почвенного слоя (грунта) ртутью путём оценки содержания ртути в плодовых телах макромицетов, включающих в свои обменные процессы ртуть и её соединения.

Целью настоящего исследования является анализ результатов бимониторинга ртутного загрязнения территории Санкт-Петербурга по содержанию ртути в плодовых телах макромицетов (далее – грибы) и биосредах (волосах) жителей.

Материал и методы

В качестве объекта исследования были выбраны плодовые тела макромицетов, произрастающих на открытых почвенных участках: газонах, бульварах, парках, скверах и т. д. Большинство грибов классифицированы до уровня вида, остальные – до уровня семейства. Были исследованы представители из следующих грибных семейств: *Agaricaceae*, *Boletaceae*, *Russulaceae*, *Coprinaceae* [20]. Грибы собирали в стадии спороношения, в весенне-летне-осенний период с 2002 по 2017 год.

Места сбора грибов были условно разделены на три зоны: застроенная часть города с жилыми домами и предприятиями [21]; пригородная часть, не освоенная массовой застройкой территории; города-спутники [22], озеленённые территории районов Ленинградской области [23]. На каждой из обозначенных территорий было собрано по несколько экземпляров грибов, из которых методом усреднения материала получены лабораторные пробы. Для анализа использовали целый гриб (ножку и шляпку) или радиальный сегмент плодового тела. Всего исследовано 56 аналитических проб.

Определение ртути в грибах выполняли атомно-абсорбционным методом на специализированных анализаторах ртути серии «Юлия» (предел обнаружения 1 нг/г, погрешность метода составляет не более 15%). Концентрация ртути рассчитана на сухое вещество пробы. Вся подготовка проб для анализа проводилась в соответствии с ГОСТ 17.4.4.02–84 «Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа». По результатам исследования относительное среднеквадратическое отклонение не превышало 15%.

Содержание ртути в волосах было определено у 1153 жителей Санкт-Петербурга в возрасте от 0 до 80 лет. Исследование проводилось на базе лаборатории АНО «Центр биотической медицины» (г. Москва) с использованием методов атомно-эмиссионной и масс-спектрометрии с индуктивно-связанной аргонной плазмой на приборах Elan 9000 (Perkin Elmer, США) и Optima 2000 V (Perkin Elmer, США). Содержание ртути в волосах оценивали по условно биологически допустимому уровню (УБДУ), который представляет эмпирически установленный на основании многолетних клинических наблюдений уровень содержания ртути, не вызывающий специфических изменений здоровья людей: (q25–q75) 0–1, мг/кг [24].

Статистическая обработка результатов исследования выполнена с помощью программы Biostat [25].

Результаты

В табл. 1 представлены результаты содержания ртути в грибах, собранных в перечисленных зонах. Полученные результаты сопоставляли с допустимыми уровнями содержания ртути в грибах [21].

Анализ данных табл. 1 свидетельствует о значительной ртутной контаминированности селитебной зоны Санкт-Петербурга и даже в ближайших пригородах (зона 2) в почве. Судя по концентрации ртути в грибах, её содержится в них значительное количество, превышаю-

Содержание ртути (в мг/кг) в грибах, собранных в различных зонах

Зона экологической нагрузки	Число образцов	Среднее содержание ртути	Стандартная ошибка среднего	Медиана	Значение в выборке		Допустимый уровень содержания ртути в грибах (мг/кг, не более) [1]
					минимальное	максимальное	
1	13	0,506	0,116	0,424	0,001	1,278	0,05
2	22	0,32	0,050	0,018	0,006	0,996	
3	21	0,028	0,005	0,024	0,002	0,0826	

шее допустимый уровень от 6,5 до 199,2 раза. В районах Ленинградской области в среднем содержание ртути в грибах не превышает допустимых уровней [21]. В то же время нужно отметить достаточно широкий диапазон содержания ртути в грибах в каждой из выделенных зон. Во-первых, это свидетельствует об условном выделении зон определяемой экологической нагрузки. Во-вторых, ртутная загрязненность в каждой из зон имеет неравномерный характер: встречаются участки с достаточно высоким содержанием ртути. Например, при определении ртути в грибах, собранных на территории одного из городов-спутников Санкт-Петербурга, было установлено, что макромицеты, собранные на привокзальной площади в центре города, содержали 0,150 мг/кг, в парковой зоне – 0,015 мг/кг, на территории больницы – 0,090 мг/кг. Представляются неожиданными данные о высоком содержании ртути в грибах, собранных на территории лечебно-профилактических учреждений (ЛПУ) независимо от зоны экологической нагрузки. В парковой территории двух ЛПУ, расположенных в центре города (зона 1), собраны грибы, содержащие 1,55 и 1,17 мг/кг соответственно. В пригородной зоне [2] также в парках ЛПУ собраны грибы с содержанием ртути от 0,288 до 0,090 мг/кг. Объяснение этому факту, по-видимому, следует искать в обращении с ртутьсодержащими устройствами, инструментами и препаратами в этих учреждениях. Известно, что долгое время в медицинских учреждениях использовали устройства, содержащие в значительных количествах ртуть – сфигмоманометры (аппараты для определения артериального давления), ртутные термометры, лампы бактерицидные и дневного света.

О масштабах ртутной контаминации (загрязненности) свидетельствуют результаты анализа грибов, собранных в 2017 году на одной из озеленённых улиц в промышленном районе Санкт-Петербурга. В трёх точках, отстоящих друг от друга примерно на 100 м, были собраны и проанализированы на содержание ртути грибы рода *Coprinus comatus*. Были получены следующие значения содержания ртути: 0,61, 0,83 и 0,35 мг/кг.

Таблица 2

Статистические показатели содержания ртути в волосах жителей Санкт-Петербурга

Возрастные группы, годы	n	M	± m	Me	± σ	Min	Max	УБДУ, мг/кг (q25–q 75)
0–17	116	0,36	0,03	0,26	0,35	0,01	1,81	0–1,0
18–29	124	0,73	0,08	0,48	0,88	0,03	5,87	
30–49	294	0,90	0,05	0,60	0,90	0,00	6,89	
50–64	316	0,90	0,06	0,60	0,99	0,02	7,60	
65 и старше	301	0,62	0,04	0,46	0,70	0,02	8,54	
Все	1153	0,75	0,25	0,51	0,85	0,00	8,54	

Таким образом, мицелий, пронизывая почвенный слой, простирается на сотни квадратных метров, концентрирует в числе прочих компонентов ртуть и её соединения, что находит своё отражение при обнаружении ртути в составе плодовых тел макромицетов. Как показывают результаты собственных исследований, совпадающие с мнением других авторов, грибы могут служить биоиндикаторами ртутного загрязнения почвы как объекта окружающей среды [26–31].

Безусловно, выявление ртутной контаминированности территорий важно для оценки экологического состояния того или иного региона, не меньший интерес оно представляет в свете определения зависимости загрязнения объектов окружающей среды ртутью и накоплением её в организме людей [17, 23].

В табл. 2 представлены статистические данные результатов определения содержания ртути в волосах жителей Санкт-Петербурга в пяти возрастных группах.

Анализ средних значений демонстрирует, что содержание ртути в волосах у обследованной группы лиц находится в пределах референтных значений биологически допустимого уровня (0,5–1,0 мг/кг). Однако более детальный анализ показал, что наибольшее накопление ртути в волосах происходит в возрастных группах трудоспособного населения с 18 до 64 лет, и максимальных значений достигает в возрастной группе 30–49 лет.

Были получены интересные данные при анализе гендерных различий содержания ртути в волосах жителей Санкт-Петербурга (табл. 3).

Наибольшие значения концентраций ртути, превышающие максимальные значения УБДУ, были определены у мужчин в возрасте 30–49 лет ($1,10 \pm 0,13$ мг/кг) и 50–64 лет ($1,27 \pm 0,18$ мг/кг). У женщин в возрастных группах от 18 до 64 лет статистически значимых различий содержания ртути в волосах установлено не было, концентрации колебались не значительно, от $0,83 \pm 0,1$ до $0,81 \pm 0,05$ мг/кг. У самых молодых жителей, от 0 до 17 лет, были установлены самые низкие концентрации ртути в волосах как у мужского ($0,27 \pm 0,03$ мг/кг), так и у женского пола ($0,43 \pm 0,05$ мг/кг). В старшей возрастной группе, как у мужчин, так и женщин отмечалось примерно одинаковое содержание ртути в волосах ($0,61$ – $0,66$ мг/кг) (см. рисунок).

Обсуждение

Выполненные исследования свидетельствуют о том, что ртутная контаминация носит не только генерализованный, но и устойчивый характер. Об этом свидетельствуют результаты, полученные на протяжении 15 лет исследования. В ходе эксперимента были собраны и проанализированы грибы рода *Coprinus comatus* на одной и той же озеленённой площадке в промышленной части города. В 2002 году ртути в грибах было обнаружено 1,297 мг/кг. В 2004–2005 гг. была произведена частичная рекультивация поверхностного почвенного слоя. Грибы, собранные после этой обработки почвы, содержали гораздо меньше ртути – 0,145 мг/кг, однако исследования грибов *Coprinus*

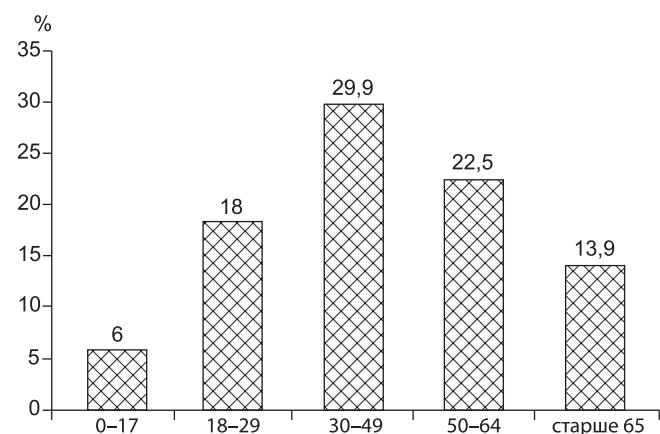
Статистические данные содержания ртути в волосах различных половозрастных групп населения

Возраст, годы	<i>n</i>		<i>M</i>		$\pm m$		<i>Me</i>		$\pm\sigma$		<i>Min</i>		<i>Max</i>	
	Пол													
	мужской	женский	мужской	женский	мужской	женский	мужской	женский	мужской	женский	мужской	женский	мужской	женский
0–17	49	67	0,27	0,43	0,03	0,05	0,19	0,30	0,21	0,40	0,02	0,01	0,86	1,81
18–29	37	88	0,47	0,83	0,11	0,10	0,32	0,56	0,67	0,94	0,03	0,07	3,82	5,87
30–49	79	215	1,10	0,83	0,13	0,05	0,75	0,59	1,20	0,76	0,00	0,00	6,89	5,54
50–64	61	255	1,27	0,81	0,18	0,05	0,63	0,59	1,42	0,83	0,03	0,02	5,23	7,60
65 и старше	54	247	0,66	0,61	0,08	0,05	0,49	0,46	0,58	0,72	0,02	0,02	3,01	8,54

comatus, собранных через 12 лет (в 2017 г.), показали, что содержание ртути в них вновь увеличилось до 0,608 мг/кг. Сопоставление полученных данных с данными, опубликованными в 2004 году, свидетельствует о постоянном поступлении ртути в почву и, как следствие, о обнаружении повышения количества ртути в грибах, что подтверждает мнение специалистов об устойчивой ртутной контаминированности территории Санкт-Петербурга [22]. Интересно, что загрязнённость территории Санкт-Петербурга мало отличается от загрязнённости территорий других городов, где также обнаружено высокое, по сравнению с допустимым уровнем, содержание ртути в грибах [30, 31].

Такое предположение подтверждается результатами, полученными при изучении содержания ртути в волосах жителей Санкт-Петербурга. Более высокие концентрации ртути, обнаруженные у трудоспособного населения, с одной стороны, можно связать с активной профессиональной деятельностью, которая может быть сопряжена с большей вероятностью контакта с токсичными веществами, в том числе и ртутью, а с другой стороны, население в возрасте 18–64 лет ведёт более активный образ жизни, включая пищевое поведение, и, возможно, с большей частотой использует в рационе питания грибы, являющиеся потенциальным источником ртути.

Подобных примеров экологического детерминизма загрязнения объектов окружающей среды ртутью и обнаружением ртути и её соединений в организме жителей урбанизированных территорий, составляющих группу риска ртутной контаминации, появляется всё больше, что подтверждает необходимость мониторинга за объектами окружающей среды и биосредой, отдавая предпочтение неинвазивным методам [6, 11, 17, 18, 23].



Доля лиц в разных возрастных группах с повышенным содержанием ртути в волосах, %.

Заключение

Анализ полученных результатов свидетельствует о том, что макромицеты можно использовать как чувствительные индикаторы загрязнения территории мегаполиса или региона ртутью. Результаты выполненного исследования позволяют сделать заключение о высокой устойчивой контаминированности территории Санкт-Петербурга и его ближайших пригородов ртутью, содержание которой в объектах окружающей среды (грибах) может представлять реальную опасность для здоровья населения. Значительное содержание ртути в грибах, собранных на территории мегаполиса требует внимания со стороны контролирующих структур и информированности населения о существующей опасности потребления грибов, собранных на загрязнённых территориях.

Ограничение исследования

Несмотря на то, что грибы являются индикатором ртутного загрязнения территорий, использование макромицетов для целей биомониторинга затруднительно, поскольку грибы можно собирать только в летне-осенний период при определённых погодных условиях. Достаточно сложно собирать грибы одного и того же вида на одной и той же территории, что затрудняет получение сопоставимых данных при динамическом наблюдении.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.
Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература (п.п. 25, 28, 31 см. в References)

1. Конференция Сторон Базельской конвенции о контроле за трансграничной перевозкой опасных отходов и их удалением. Десятое совещание. Картахена, Колумбия, 17 – 21 октября 2011 года. – UNEP/CHW.10/6/Add.2/Rev.1. www.basel.int/Portals/4/Basel%20Convention/docs/pub/techguid/.../06a3r1r.doc. / (Accessed 10 April 2018).
2. The Minamata Convention on Mercury. Available at: <http://www.mercuryconvention.org/> (Accessed 12 May 2014).
3. Ртуть и ее неорганические соединения. Центр международных проектов. Москва. 1988. 117 с.
4. Луковникова Л.В. Металлы в окружающей среде проблемы мониторинга. Л.В. Луковникова, А.Д. Фролова, М.П. Чекунова. *Эфферентная терапия*. 2004; (1): 74–79.
5. Сидорин Г.И. Ртуть как ксенобиотик. *Вестник Санкт-Петербургской медицинской академии им. И.И. Мечникова*. 2001; (1): 78–86.
6. Трахтенберг И.М. Ртуть как глобальный химический загрязнитель. И.М. Трахтенберг, М.И. Коршун, К.П. Козлов. *Токсикологический вестник*. 2006; (3): 2–7.
7. Ершов Ю.А., Плетнева Т.В. *Механизмы токсического действия неорганических соединений*. М. Медицина, 1989. 272 с.
8. Загрязнение Арктики 2002. АМАП. Программа по Мониторингу и Оценке Окружающей среды Арктики Осло 2002. 112 с.; Стойкие токсичные вещества, безопасность питания и коренные народы Севера. Резюме заключительного отчета. АМАП. Осло 2004. 80 с.

9. Луковникова Л.В., Сидорин Г.И., Аликбаева Л.А. Опасность острых и хронических отравлений органическими соединениями ртути. Л.В. Луковникова, Г.И. Сидорин, Л.А. Аликбаева. *Профилактическая и клиническая медицина*. 2013; 47 (2): 16-19.
10. Органические соединения ртути. МРПТХВ научные обзоры советской литературы по токсичности и опасности химических веществ. Программа ООН по окружающей среде. № 117. М., 1989: 68 с.
11. Метилртуть. Гигиенические критерии состояния окружающей среды 101. Женева: ВОЗ, 1993: 126 с.
12. Борисенко Н.Ф. Влияние ртутьорганических пестицидов на окружающую среду и здоровье населения. Н.Ф. Борисенко, Ю.А. Курчак. *Гигиена и санитария*. 1989; (12): 65-69.
13. Микроэлементозы человека: этиология, классификация, органопатология. А.П. Авцын, А.А. Жаворонков, М.А. Риш, Л.С. Строчкова. Москва: Медицина, 1991: 496 с.
14. Особенности микроэлементного статуса у детей Санкт – Петербурга. В.Г. Маймулов, И.Ш. Якубова, Т.С. Черныкина, С.М. Ловцевич, Ю.Г., Кузмичев Ю.Г., Поляшова А.С., Скальный А.В. *Гигиена и санитария*. 2005; (6): 64-65.
15. Оценка элементного статуса жителей г. Санкт - Петербурга разных возрастных групп. Е.М. Базилевская, И.Ш. Якубова, В.С. Ловцевич, А.В. Скальный. *Здоровье населения и среда обитания*. 2013 (12): 11-14.
16. Соболев М.Б. Воздействие ртути и ее влияние на здоровье детей. *Эпидемиология*. 1997; 4: 194-196.
17. 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.
18. Егоров А.И. Применение стандартизированной методологии биомониторинга человека для оценки пренатальной экспозиции к ртути. А.И. Егоров, И.Н. Ильченко, С.М. Ляпунов, Е.Б. Марочкина, О.И. Окина, Б.В. Ермолаев, Т.В. Карамышева. *Гигиена и санитария*. 2014; (5): 10-18.
19. Сазанова К.В., Великова В.Д., Столярова Н.В. Накопление тяжелых металлов грибами. Экологическая и видовая специфичность, механизмы аккумуляции, потенциальная опасность для человека Medline.ru. Том 18, ст. 24: 336-361. 18 сентября 2017 г.
20. Грибы. Иллюстрированная энциклопедия. СПб; ООО «СЗКЭО», 2011. 160 с.
21. Гигиенические нормативы. Химические факторы окружающей среды. Российская академия медицинских наук (РАМН); Научно-исследовательский институт экологии человека и гигиены окружающей среды им. А. И. Сысина; под ред. Ю. А. Рахманина; В. В. Семенов. 6-е изд., доп. и перераб. СПб.: Профessional, 2012. 907 с. Гигиенические нормативы. ISBN 978-5-91259-060-3.
22. Малов А.М., Александрова М.Л. Ртутное загрязнение грунта города Санкт-Петербурга. Т. 10, ст. 13: 188 - 197). октябрь 2009г.
23. Ларионова Т.К. Ртуть в организме людей в условиях загрязнения окружающей среды ртутьсодержащими промышленными отходами. *Медицина труда и промышленная экология*. 2000; (6): 8-10.
24. Скальный А.В. Химические элементы в физиологии и экологии человека. А.В. Скальный. М.: Оникс 21 век; Мир, 2004. 215 с.
26. Бакайтис В.И. Содержание макро - и микроэлементов в дикорастущих грибах Новосибирской области. В.И. Бакайтис, С.Н. Басалаева. *Техника и технология пищевых производств*. 2009; (32): 73-76.
27. Гордеева И.В. Перспективы использования высших базидиальных грибов в качестве тест-объектов для биоиндикации. *Международный научный журнал «Инновационная наука» Биологические науки*; 2015 (9): 30-33.
29. Лескова О.А., Лесков А.П. Содержание макро- и микроэлементов в дикорастущих грибах Забайкальского края. *Ученые записки ЗабГУ*. 2017; 12 (1): 26-30.
30. Малов А.М., Степанов И.Ю. Ртуть как персистентный экотоксикант. *Труды II-го между. симп. «Ртуть в биосфере: Эколого-геохимические аспекты», Новосибирск. 21 – 25 сентября 2015: 250-254.*
5. Sidorin G.I. Mercury as a xenobiotic. Herald of the St. Petersburg Medical Academy. I.I. Mechnikov. 2001; (1): 78-86.
6. Trakhtenberg IM Mercury as a Global Chemical Contaminant. Trakhtenberg, M.I. Korshun, K.P. Kozlov. *Toxicological Herald*. 2006; (3): 2-7.
7. Ershov Yu.A., Pletneva T.V. Mechanisms of toxic effect of inorganic compounds. M. Medicine, 1989. 272 p.
8. Arctic Pollution 2002. AMAP. Program for Monitoring and Assessment of the Arctic Environment Oslo 2002. 112 pp.; Persistent toxic substances, safety and nutrition and indigenous peoples of the North. Summary of the final report. AMAP. Oslo 2004. 80 pp.
9. Lukovnikova LV, Sidorin GI, Alikbaeva LA Danger of acute and chronic poisoning by organic mercury compounds / L.V. Lukovnikova, G.I. Sidorin, L.A. Alikbaeva. *Preventive and Clinical Medicine*. 2013; 47 (2): 16-19.
10. Organic compounds of mercury. IRPTC scientific reviews of Soviet literature on the toxicity and hazard of chemicals. United Nations Environment Program. No. 117. M., 1989. 68 p.
11. Methyl mercury. Hygienic criteria of the state of the environment 101. Geneva: WHO, 1993. 126 p.
12. Borisenko N.F. Influence of organochlorine pesticides on the environment and public health / N.F. Borisenko, Yu.A. Kurchak. *Gigiena i Sanitariya*. 1989; (12): 65-69.
13. Microelementoses of man: etiology, classification, organopathology / A.P. Av-tsyn, A.A. Zhavoronkov, M.A. Rish, L.S. Storchkova. Moscow: Medicine, 1991. 496 p.
14. Features of the microelement status in St. Petersburg children. V.G. Maymulov, I.Sh. Yakubova, T.S. Chernyakina, S.M. Lovtsevich, Yu.G., Kuzmichev Yu.G., Polyashova AS, Skalny A.V. *Gigiena i Sanitariya*. 2005; (6): 64-65.
15. Evaluation of the elemental status of St. Petersburg residents of different age groups / E.M. Bazilevskaya, I.Sh. Yakubova, V.S. Lovtsevich, A.V. Rock. *Health of the population and habitat*. 2013; (12): 11-14.
16. Sobelev M.B. Exposure to mercury and its effect on children's Health. *Epidemiology*. 1997; 4: 194-6.
17. Ilchenko I.N. Survey of studies on the assessment of the impact of mercury on populations in post-Soviet countries using human biomonitoring data. *Health Protection of the Russian Federation*. 2015, 59 (1): 48-53.
18. Egorov AI Application of the standardized methodology of human biomonitoring to assess prenatal exposure to mercury AI Egorov, I.N. Ilchenko, SM Lyapunov, EB Marochkina, OI Okin, BV Ermolaev, TV Karamyshva. *Gigiena i Sanitariya*. 2014; (5): 10-18.
19. Sazanova K.V., Velikova V.D., Stolyarova N.V. Accumulation of heavy metals by fungi. Ecological and specific specificity, mechanisms of accumulation, potential danger for human. Medline.ru. VOLUME 18, ST. 24 (pages 336-361). September 18, 2017.
20. Mushrooms. Illustrated encyclopedia. St. Petersburg; LLC "SZKEO", 2011. 160 with.
21. Hygienic standards. Chemical factors of the environment. Russian Academy of Medical Sciences (RAMS); Scientific Research Institute of Human Ecology and Environmental Health. AI Sysina; Ed. A. A. Rakhmanina; V.V. Semenova. 6 th ed., Ext. St. Petersburg: Professional, 2012: 907 p. Hygienic standards. ISBN 978-5-91259-060-3.
22. Malov AM, Alexandrova ML Mercury contamination of the city of St. Petersburg. VOLUME 10, ST. 13 (pages 188 - 197). October 2009.
23. T. Lariionova. Mercury in people's bodies in conditions of environmental pollution with mercury-containing industrial waste. Occupational medicine and industrial ecology. 2000; (6): 8-10.
24. Skalny A.V. Chemical elements in human physiology and ecology. A.B. Rocky. M.: Onyx 21 century; The world, 2004. 215 p.
25. Stanton A. Glantz, McGraw-Hill. Primer of Biostatistics. Fourth edition, Inc., New York, 1997. pages: xvi + 473 + computer program.
26. Bakaytis V.I. The content of macro - and microelements in wild mushrooms of the Novo-Siberian region / V.I. Bakaitis, S.N. Basalaeva. *Technique and technology of food production*. 2009; (32): 73-76.
27. Gordeeva I.V. Prospects for using higher basidiomycetes as test objects for bioindication. International Scientific Journal "Innovative Science" Biological Sciences. 2015; (9): 30-33.
28. Kalač P., Svoboda L. A review of trace element concentrations in edible mushrooms. *Food Chemistry*. 2000; 69: 273-281.
29. Leskova OA, Leskov A.P. The content of macro- and microelements in the wild mushrooms of the Trans-Baikal Territory. *Scientific notes Zab GU*. 2017; 12 (1): 26-30.
30. Malov AM, Stepanov I.Yu. Mercury as a persistent ecotoxicant. / Proceedings of the II-th Int. simp. "Mercury in the biosphere: Ecological and geochemical aspects", Novosibirsk September 21 - 25, 2015: 250-254.
31. Malov A.M., Petrov A.N., Semenov E.V. - Mushrooms as indicators of mercury pollution. The Complete Works of International Ecologic Forum. 2003, SPb., Russia: 626.

References

1. The Conference of the Parties to the Basel Convention on the Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes and their Disposal. Tenth meeting. Cartagena, Colombia, 17 - 21 October 2011. - UNEP / CHW.10 / 6 / Add.2 / Rev.1. www.basel.int/Portals/4/Basel%20Convention/docs/pub/techguid/.../06a3r1r.doc. / (Accessed 10 April 2018).
2. The Minamata Convention on Mercury. Available at: <http://www.mercuryconvention.org/> (Accessed 12 May 2014).
3. Mercury and its inorganic compounds. Center for International Projects. Moscow. 1988. 117 pp.
4. Lukovnikova L.V. Metals in the environment monitoring problems / L.V. Loukovnikova, A.D. Frolova, M.P. Chekunova. *Efferent therapy*. 2004; (1): 74-79.