

УДК 616-053.4:614.7:546.3

ВЛИЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ТЯЖЁЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ НА ЗДОРОВЬЕ ДЕТЕЙ ДОШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА

© 2018 г. ^{1,2}О. В. Савченко¹Национальный научный центр морской биологии Дальневосточного отделения РАН,²Дальневосточный федеральный университет, Школа биомедицины, г. Владивосток

Окружающая среда загрязнена химическими элементами, в том числе тяжелыми металлами. Тяжелые металлы накапливаются в организме и оказывают негативное влияние на организм, особенно детский. *Целью* данного исследования являлась оценка влияния избыточных количеств элементов на организм детей. *Метод.* С помощью атомно-абсорбционной спектрометрии определяли уровень свинца (Pb), кадмия (Cd) и стронция (Sr) в моче и волосах 50 детей 5–7 лет для изучения содержания тяжелых металлов в организме. *Результаты.* Было обнаружено, что более 60 % обследованных детей имели в моче повышенный уровень Cd и Pb. Медиана Cd и Pb в моче в группе детей с повышенным содержанием тяжелых металлов составляла 0,15 и 1,28 мкг/л соответственно, а в группе детей с содержанием тяжелых металлов в пределах нормы – 0,07 и 0,34 мкг/л соответственно. Для оценки влияния избыточных количеств тяжелых металлов на организм был проведен анализ заболеваемости. Была установлена статистически значимая связь между уровнем тяжелых металлов в организме детей и частотой возникновения инфекционных заболеваний верхних дыхательных путей, нарушений функционирования желудочно-кишечного тракта, анемии и изменений в моче. *Вывод.* Загрязнение окружающей среды является мощным фактором, влияющим на здоровье человека и развитие болезней. Влияние окружающей среды на организм ребенка в крупных промышленных городах представляет особый интерес в плане разработки профилактических мероприятий и охраны здоровья.

Ключевые слова: загрязнение окружающей среды, тяжелые металлы, заболеваемость, дети

ENVIRONMENTAL HEAVY METALS POLLUTION EFFECT ON PRESCHOOL CHILDREN'S HEALTH

^{1,2}O. V. Savchenko¹National Research Center of Marine Biology, Far Eastern Branch Russian Academy of Sciences, Vladivostok;²Far Eastern Federal University, School of Biomedicine, Vladivostok, Russia

The environment is polluted by chemical elements including heavy metals. Heavy metals accumulate in the human's body and adversely affect the organism, especially child's body. *The purpose* of this study was to assess the impact of excessive amount of elements on the child's body. *Method:* The levels of lead (Pb), cadmium (Cd) and strontium (Sr) were determined in urine and hair of 50 children (5-7 years old) by atomic absorption spectrometry in order to study the content of heavy metals in the body. *Results:* It was found that more than 60 % of the children had higher levels of Cd and Pb in the urine. Cd and Pb median in children's urine in the group with higher content of heavy metals were 0.15 and 1.28 μ /l respectively and in the group within normal range of heavy metals - 0.07 and 0.34 μ /l, respectively. In order to assess the impact of excessive amounts of heavy metals on the body the analysis of morbidity was done. Consequently, significant correlation has been established between the level of heavy metals in children's organism and incidence of upper respiratory tract infections, gastrointestinal tract disorders, anemia and changes in urine. *Conclusion:* Environmental pollution is a strong factor affecting human health and disease development. The impact of the environment on the children's body in large industrial cities is of particular interest for the development of preventive services and health care.

Key words: environmental pollution, heavy metals, disease, children

Библиографическая ссылка:

Савченко О. В. Влияние загрязнения окружающей среды тяжёлыми металлами на здоровье детей дошкольного возраста // Экология человека. 2018. № 3. С. 16–20.

Savchenko O. V. Environmental Heavy Metals Pollution Effect on Preschool Children's Health. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2018, 3, pp. 16-20.

Биомониторинговые исследования человека чрезвычайно важны для оценки воздействия химических элементов из окружающей среды на организм [3, 12]. Токсичные металлы из выбросов промышленных, энергетических предприятий и автотранспорта загрязняют атмосферный воздух, почву и водоемные источники и попадают в организм человека в основном в процессе дыхания или через желудочно-кишечный тракт. Загрязнение внутренней среды организма приводит к напряжению защитно-приспособительных механизмов

и развитию патологических состояний. Химические элементы, и в частности тяжелые металлы, накапливаясь в организме даже в небольших дозах, оказывают негативное влияние на многие органы, но наиболее значительные изменения вызывают в нервной, репродуктивной, эндокринной системах, крови, почках, костной ткани [5, 10, 15].

Детский организм в силу особенностей развития более восприимчив к воздействию различных физических и химических факторов внешней среды [2,

10, 17], и его реакция на воздействие негативных факторов окружающей среды значительно отличается от реакций организма взрослых. Вот почему именно в детском возрасте важно выявить отклонения микро-элементного статуса и оценить влияние избыточных количеств элементов на организм.

Цель работы состояла в изучении содержания свинца (Pb), кадмия (Cd) и стронция (Sr) в моче и волосах городских детей дошкольного возраста и оценке влияния избыточных количеств элементов на организм.

Методы

На проведение данного исследования было получено разрешение этического комитета ГБОУ ВПО «Тихоокеанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Владивосток. Были проанкетированы 73 родителя детей в возрасте 5–7 лет, 50 детей обоих полов согласились принять участие в исследовании (табл. 1). Родители и их дети подписали письменное согласие на участие в нем. Все дети проживали в г. Владивостоке, и на момент обследования инфекционные и иные заболевания в острой форме у них отсутствовали. Дети с хроническими заболеваниями были исключены из исследования.

Таблица 1

Характеристика ($M \pm SD$) участвующих в исследовании детей дошкольного возраста

Показатель	Мальчики	Девочки	Экспериментальная группа	Контрольная группа
Число детей	22	28	32	18
Возраст, года	$6,05 \pm 0,78$	$6,21 \pm 0,68$	$6,07 \pm 0,83$	$6,22 \pm 0,59$
Масса тела, кг	$20,40 \pm 2,05$	$21,58 \pm 1,74$	$20,97 \pm 1,95$	$21,18 \pm 1,99$
Длина тела, см	$116,05 \pm 4,74$	$118,28 \pm 4,21$	$117,00 \pm 5,09$	$117,65 \pm 3,89$
Продолжительность проживания в городе, года	$5,63 \pm 1,13$	$5,92 \pm 0,89$	$5,81 \pm 1,04$	$5,78 \pm 0,99$

На первом этапе исследования у детей был определен уровень Pb, Cd и Sr в моче и волосах. В дальнейшем дети в зависимости от уровня тяжелых металлов в моче были разделены на две группы: с повышенным содержанием тяжелых металлов (экспериментальная группа 1) и с содержанием тяжелых металлов в пределах нормы (контрольная группа). Для оценки влияния избыточного количества элементов на организм был проведен анализ заболеваемости у обследованных детей методом ретроспективной оценки, а также изучены анализы мочи и клинические анализы крови.

Образцы волос 0,5–1 см в длину были вырезаны из затылка как можно ближе к коже с помощью ножниц из нержавеющей стали, многократно промыты ацетоном, затем последовательно деионизованной водой и 0,5 % Тритоном X-100 с помощью лабораторного шейкера. После этого образцы волос

были вновь промыты деионизованной водой, высушены в сушильном шкафу при температуре 60 °C и хранились при стандартной комнатной температуре в индивидуальных промаркированных пластиковых конвертах до проведения анализа.

Образцы мочи объемом, по меньшей мере, 30 мл были собраны в 100 мл индивидуальные маркированные пластиковые емкости и хранились при температуре 2–4 °C до анализа.

Пробоподготовку образцов волос проводили методом кислотного разложения с помощью микроволновой печи Mars (CEM Corporation, США), программируемой по времени и мощности от 100 до 1 400 W, используя стандартные лабораторные процедуры [20]. Образцы мочи были разведены 2 % HNO_3 в десять раз. Уровень металлов определяли на атомно-абсорбционном спектрометре AAA 6800 Shimadzu (Япония).

Исследование обсервационное, описательное. Все выборки независимые. Обработывались данные с помощью программы Statistica 10. Распределение проверялось графически и с использованием критерия Шапиро – Уилка. Полученные данные не подчинялись закону нормального распределения, поэтому значения представлены как медиана (Me) и 25 % (Q_1) и 75 % (Q_3) перцентили. Анализ для независимых выборок проводился с применением непараметрического критерия Манна – Уитни. Различия при $P < 0,05$ считались статистически значимыми. Наличие взаимосвязи между признаками вычисляли с помощью коэффициента Пирсона χ^2 (Pearson Chi-square). Сила связи между анализируемыми признаками оценивалась с помощью коэффициента D-Зомера (Somers' D).

Результаты

Среди обследованных детей только у 36 % оказалось нормальное содержание в моче исследуемых тяжелых металлов. Так, было обнаружено, что у детей экспериментальной группы (с повышенным содержанием тяжелых металлов) уровень Cd в моче был в 2,14 раза и Pb в 3,76 раза значимо выше, чем в контрольной (с содержанием тяжелых металлов в пределах нормы) (табл. 2, 3).

Таблица 2

Содержание тяжелых металлов у детей в моче и волосах в группах с разным уровнем тяжелых металлов

Материал для исследования, мкг/л	Металл	Нормативные значения [22]	Уровень микроэлементов					
			Экспериментальная группа			Контрольная группа		
			Me	Q_1	Q_3	Me	Q_1	Q_3
Моча	Cd	0,057	0,15	0,10	0,17	0,07	0,06	0,13
	Pb	0,443	1,28	1,04	1,67	0,34	0,10	1,28
	Sr	—	120,08	94,01	129,10	83,86	75,98	127,95
Волосы	Cd	—	0,16	0,03	0,25	0,17	0,02	0,32
	Pb	—	4,75	3,20	7,10	4,50	3,10	5,80
	Sr	—	2,10	1,40	3,40	2,80	1,50	3,90

Примечание. — нет данных.

Таблица 3
Сравнение полученных данных у детей экспериментальной и контрольной групп с помощью теста Манна – Уитни

Образец для исследования	Металл	Группа	Значения		
			U	Z	p
Моча	Cd	Экспериментальная – контрольная	67,5	2,75	0,005*
	Pb	Экспериментальная – контрольная	60,0	3,13	0,001*
	Sr	Экспериментальная – контрольная	108,0	1,009	0,312
Волосы	Cd	Экспериментальная – контрольная	109,0	–0,32	0,748
	Pb	Экспериментальная – контрольная	102,0	0,60	0,548
	Sr	Экспериментальная – контрольная	107,0	–0,721	0,470

Примечания: U и Z – значения критерия; * – различия статистически значимы при сравнении с контрольной группой при $p \leq 0,05$.

Изучение ретроспективной заболеваемости показало, что дети экспериментальной группы болели в среднем 3,19 раза в год, а дети контрольной – 1,88 раза. Острые заболевания в основном были представлены патологией верхних дыхательных путей (табл. 4).

Исследование уровня гемоглобина в анализах крови обнаружило, что у детей экспериментальной группы чаще, чем у детей контрольной, развивалась анемия легкой и средней степени тяжести, соответственно в 1,31 и 3,66 раза. Анемия тяжелой степени была только у детей экспериментальной группы (см. табл. 4). Изучение данных общего анализа мочи показало, что у детей экспериментальной группы кристаллурия и лейкоцитурия наблюдались в среднем в 2,39 раза чаще, чем у детей контрольной. Нарушения деятельности желудочно-кишечного тракта, проявляющиеся снижением аппетита, тошнотой, болями в эпигастальной и околопупочной областях без развития острой желудочно-кишечной инфекции, встречались в 2,67 раза чаще у детей экспериментальной группы (см. табл. 4).

Проведенный статистический анализ данных показал, что существует статистически значимая связь

между уровнем тяжелых металлов в организме детей и частотой возникновения нарушений функций организма (анемия, изменения в моче, количество инфекционных заболеваний верхних дыхательных путей и нарушения функционирования желудочно-кишечного тракта) (см. табл. 4). Количество выявленных нарушений зависело от концентрации тяжелых металлов в организме (см. табл. 4).

Обсуждение результатов

Исследования показали, что среди относительно здоровых детей высока доля тех, в организме которых содержание тяжелых металлов превышает допустимые уровни. Накапливаясь в организме в повышенных концентрациях, тяжелые металлы могут вызывать напряжение адаптационных процессов и серьезные нарушения здоровья. Одной из особенностей экологически обусловленных заболеваний является длительный латентный период, в течение которого происходит накопление в организме токсичных элементов без выраженного «специфического ответа» [4, 12]. В дальнейшем реакции экологической дезадаптации трансформируются в выраженные клинические синдромы, усугубляющие течение заболеваний.

Настоящее исследование охватывает небольшую группу детей и может носить только предварительный характер. Мы понимаем, что на организм действует множество негативных факторов и повышенный уровень тяжелых металлов может и не быть непосредственной и единственной причиной, вызывающей повышенную заболеваемость.

Исследуемые Pb, Cd и Sr относятся к токсичным элементам. В основном тяжелые металлы попадают в организм через желудочно-кишечный тракт с загрязненной пищей и водой. Небольшие количества могут попадать в организм через легкие и кожу, особенно в городской местности из загрязненной почвы и пыли [18].

В настоящее время Pb является одним из наиболее важных экологических загрязнителей, представляющих серьезную угрозу для здоровья людей из-за высокой токсичности, способности к кумуляции в пищевой цепи и в экосистеме [24, 25]. Накапливаясь в организме, Pb оказывает различные токсические

Характеристика исследуемых показателей

Показатель	Признак	Экспериментальная группа n	Относительное содержание, %	Контрольная группа n	Относительное содержание, %	χ^2 Пирсона	p	D-Зомер	P
Анемия	Легкая	7	21,88	3	16,67	8,83	0,032	0,47	<0,001
	Средняя	13	40,63	2	11,11				
	Тяжелая	2	6,25	–	–				
Анализ мочи	Кристаллурия и лейкоцитурия	17	53,13	4	22,22	4,52	0,034	0,31	0,021
Количество заболеваний в год на одного ребенка	–	3,19	–	1,88	–	22,79	<0,001	0,41	0,003
Жалобы на дисфункцию ЖКТ (n)	–	19	59,38	4	22,22	6,40	0,011	0,37	0,006

Примечания: ЖКТ – желудочно-кишечный тракт; – нет данных.

Таблица 4

эффекты, в том числе на нервную систему, особенно у детей [1, 13, 15], кровь [1, 11, 14] и почки [1, 19]. Дети более уязвимы к воздействию этого металла, чем взрослые [8, 13]. Данные, представленные в этом исследовании, показали высокий уровень Pb в моче, а также более частое развитие анемии в группе детей с повышенным содержанием тяжелых металлов.

Кадмий накапливается в организме в течение всей жизни. Хроническое воздействие даже низких доз Cd может привести к поражению почек [1, 7, 9, 15, 16]. Металл также может привести к деминерализации костей и остеопорозу, которые могут сопровождаться их переломами и деформацией [1, 6, 7, 15]. В ряде работ исследователи отмечают, что Cd может вызвать развитие кардиопатии и гипертонии [1, 21]. При производственном воздействии чрезмерное присутствие Cd в воздухе может привести к нарушению функции легких и увеличить риск развития рака легких [7]. В этом исследовании высокое содержание Cd и патологические изменения в анализах мочи были обнаружены в группе детей с повышенным содержанием тяжелых металлов.

Соединения Sr, будучи близкими по химическим свойствам к соединениям Ca, входят в состав скелета и содержатся во всех органах и тканях человека. Избыток Sr может влиять на процессы кальцификации скелета, рост, поражать и вызывать деформацию суставов, накапливаться в зубах [23]. В нашем исследовании не обнаружено разницы в содержании Sr в моче детей экспериментальной и контрольной групп.

Необходимо изучать комплексное влияние экологических факторов на здоровье человека и развитие болезней, проводить мероприятия по коррекции этих факторов для того, чтобы свести к минимуму риск неблагоприятных последствий для здоровья людей, и особенно детей.

Список литературы

1. Авцын А. П., Жаворонков А. А., Риш М. А., Строчкова Л. С. Микроэлементозы человека: этиология, классификация, органопатология. М.: Медицина, 1991. 496 с.
2. Кубушка О. Н., Гудков А. Б. Особенности структуры жизненной ёмкости лёгких у северян старшего школьного возраста // Вестник Поморского университета. Серия: Физиологические и психолого-педагогические науки. 2003. № 1. С. 42–51.
3. Лыжина А. В., Бузинов Р. В., Унгурияну Т. Н., Гудков А. Б. Химическое загрязнение продуктов питания и его влияние на здоровье населения Архангельской области // Экология человека. 2012. № 12. С. 3–9.
4. Намазбаева З. И., Кулкибаев Г. А., Джангозина Д. М., Мукашева М. А., Жанбасинова Н. М. Информационное значение биоккумуляции металлов в волосах у детей дошкольного возраста // Гигиена и санитария. 1999. № 1. С. 34–36.
5. Никанов А. Н., Кривошеев Ю. К., Гудков А. Б. Влияние морской капусты и напитка «Альгапект» на минеральный состав крови у детей — жителей г. Мончегорска // Экология человека. 2004. № 2. С. 30–32.
6. Alfven T., Elinder C. G., Carlsson M. D., Grubb A., Hellstrom L. et al. Low-level cadmium exposure and osteoporosis // J. Bone Miner Res. 2000. Vol. 15, N 8. P. 1579–1586.
7. Bernard A. Cadmium & its adverse effects on human health Indian // J Med Res 2008. N 128. P. 557–564.
8. Brink L. L., Talbott E. O., Sharma R. K., Marsh G. M., Wu W. C., Rager J. R., Strosnider H. M. Do US ambient air lead levels have a significant impact on childhood blood lead levels: results of a national study // Journal of Environmental and Public Health. Advance online publication. 2013. <http://dx.doi.org/10.1155/2013/278042>.
9. Cadmium. Environmental Health Criteria 134. Geneva: World Health Organization, 1992.
10. Chelala C. Environmental impact on child health. Washington, D. C. PAHO, 2000.
11. Corradi M., Goldoni M., Sabbadini F., Mutti A. Acute lead poisoning: a singular case of hemolytic anemia and lead colic // Med Lav. 2011. Vol. 102, N 3. P. 243–249.
12. Esteban M., Castaño A. Non-invasive matrices in human biomonitoring: A review // Environment International. 2009. Vol. 35. P. 438–449.
13. Grigg J. Environmental toxins; their impact on children's health // Arch Dis Child. 2004. Vol. 89, N 3. P. 244–260.
14. Hegazy A. A., Zaher M. M., Abd el-Hafez M. A., Morsy A. A., Saleh R. A. Short report relation between anemia and blood levels of lead, copper, zinc and iron among children // BMC Research Notes. 2010. Vol. 3:133. DOI: 10.1186/1756-0500-3-133.
15. Järup L. Hazards of heavy metal contamination // Br Med Bull. 2003. Vol. 68. P. 167–182.
16. Järup L., Akesson A. Current status of cadmium as an environmental health problem // Toxicol Appl Pharmacol 2009. Vol. 238, N 3. P. 201–208.
17. Mamtani R., Stern P., Dawood I., Cheema S. Metals and Disease: A Global Primary Health Care Perspective // Journal of Toxicology. 2011. doi:10.1155/2011/319136.
18. Marjorie C. M., Aeliona H., Davis T., McDermott S., Lawson A. B. Metal concentrations in rural topsoil in South Carolina: potential for human health impact, Science of the Total Environment. 2008. Vol. 402, N 2-3. P. 149–156. doi: 10.1016/j.scitotenv.2008.04.043.
19. Mortada W. I., Sobh M. A., El-Defrawy M. M., Farhat S. E. Study of lead exposure from automobile exhaust as a risk for nephrotoxicity among traffic policemen // Am J Nephrol. 2001. Vol. 21, N 4. P. 274–279.
20. Rodushkin I., Axelsson M. D. Application of double focusing sector field ICP-MS for multielemental characterization of human hair and nails // Science of the Total Environment, Part I. 2000. Vol. 250, N 1–3. P. 83–100.
21. Tellez-Plaza M., Navas-Acien A., Crainiceanu C. M., Guallar E. Cadmium exposure and hypertension in the 1999-2004 National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) // Environ Health Perspect. 2008. Vol. 116, N 1. P. 51–56.
22. The Fourth National Report on Human Exposure to Environmental Chemicals, Updated Tables. US Department of Health and Human Services, Center For Disease Control and Prevention, 2013.
23. Toxicological profile for strontium (draft for public comment). U. S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2001. 445 p.
24. Xu, J., Sheng L., Yan Z., Hong L. Blood Lead and Cadmium Levels in Children: A Study Conducted in Changchun, Jilin Province, China // Paediatrics & Child Health. 2014. Vol. 19, N 2. P. 73–76.

25. Yann, S., Galineau J., Hulin A., Caini F., Marquis N. et al. Health Effects of Ambient Air Pollution: Do Different Methods for Estimating Exposure Lead to Different Results? // *Environment International*. 2014. Vol. 66. P. 165-173.

References

1. Avtsyn A. P., Zhavoronkov A. A., Rish M. A., Strochkova L. S. *Mikroehlementy cheloveka: etiologiya, klassifikatsiya, organopatologiya* [Imbalance in the body of the macro and micronutrients: etiology, classification and pathology of organs]. Moscow, Medicine Publ., 1991, 496 p.
2. Kubushka O. N., Gudkov A. B. The structure features of vital lung capacity in northerners of high school age. *Vestnik Pomorskogo universiteta. Seriya: Fiziologicheskie i psikhologo-pedagogicheskie nauki* [Journal of Pomor University. Series: Physiological, psychological and pedagogical sciences]. 2003, 1, pp. 42-51. [in Russian]
3. Lyzhina A. V., Buzinov R. V., Unguryanu T. N., Gudkov A. B. Chemical contamination of food and its impact on population health in Arkhangelsk region. *Ekologiya cheloveka*. [Human Ecology]. 2012, 12, pp. 3-9. [in Russian]
4. Namazbaeva Z. I., Kulkybaev G. A., Dzhangozina D. M., Mukasheva M. A., Zhanbasinova N. M. Information value accumulation of metals in the hair of children preschool age. *Gigiena i Sanitariya*. 1999, 1, pp. 34-36. [in Russian]
5. Nikanov A. N., Krivosheev U. K., Gudkov A. B. Influence of laminaria and the drink "Algapekt" on blood mineral composition in children - residents of Monchegorsk. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2004, 2, pp. 30-32. [in Russian]
6. Alfvén T., Elinder C. G., Carlsson M. D., Grubb A., Hellström L. et al. Low-level cadmium exposure and osteoporosis. *J Bone Miner Res*. 2000, 15 (8), pp. 1579-1586.
7. Bernard A. Cadmium and its adverse effects on human health Indian. *J Med Res*. 2008, 128, pp. 557-564.
8. Brink L. L., Talbott E. O., Sharma R. K., Marsh G. M., Wu W. C. et al. Do US ambient air lead levels have a significant impact on childhood blood lead levels: results of a national study. *Journal of Environmental and Public Health. Advance online publication*. 2013. <http://dx.doi.org/10.1155/2013/278042>.
9. Cadmium. Environmental Health Criteria 134. Geneva, World Health Organization, 1992.
10. Chelala C. *Environmental impact on child health*. Washington, D.C. PAHO, 2000.
11. Corradi M., Goldoni M., Sabbadini F., Mutti A. Acute lead poisoning: a singular case of hemolytic anemia and lead colic. *Med Lav*. 2011, 102 (3), pp. 243-249.
12. Esteban M., Castaño A. Non-invasive matrices in human biomonitoring: A review. *Environment International*. 2009, 35, pp. 438-449.
13. Grigg J. Environmental toxins; their impact on children's health. *Arch Dis Child*. 2004, 89 (3), pp. 244-260.
14. Hegazy A. A., Zaher M. M., Abd el-Hafez M. A., Morsy A. A., Saleh R. A. Short Report Relation between

anemia and blood levels of lead, copper, zinc and iron among children. *BMC Research Notes*. 2010, 3 (133). DOI: 10.1186/1756-0500-3-133.

15. Järup L. Hazards of heavy metal contamination. *Br Med Bull*. 2003, 68, pp. 167-82.

16. Järup L., Akesson A. Current status of cadmium as an environmental health problem. *Toxicol Appl Pharmacol*. 2009, 238 (3), pp. 201-208.

17. Mamtani R., Stern P., Dawood I., Cheema S. Metals and Disease: A Global Primary Health Care Perspective. *Journal of Toxicology*. 2011. Doi:10.1155/2011/319136.

18. Marjorie C. M., Aeliona H., Davisa T., McDermott S., Lawsons A. B. Metal concentrations in rural topsoil in South Carolina: potential for human health impact. *Science of the Total Environment*. 2008, 402 (2-3), pp. 149-56. Doi:10.1016/j.scitotenv.2008.04.043.

19. Mortada W. I., Sobh M. A., El-Defrawy M. M., Farahat S. E. Study of lead exposure from automobile exhaust as a risk for nephrotoxicity among traffic policemen. *Am J Nephrol*. 2001, 21 (4), pp. 274-279.

20. Rodushkin I., Axelsson M. D. Application of double focusing sector field ICP-MS for multielemental characterization of human hair and nails. *Science of the Total Environment, Part I*. 2000, 250 (1-3), pp. 83-100.

21. Tellez-Plaza M., Navas-Acien A., Crainiceanu C. M., Guallar E. Cadmium exposure and hypertension in the 1999-2004 National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES). *Environ Health Perspect*. 2008, 116 (1), pp. 51-56.

22. The Fourth National Report on Human Exposure to Environmental Chemicals, Updated Tables. US Department of Health and Human Services, Center For Disease Control and Prevention. 2013.

23. Toxicological profile for strontium (draft for public comment). U. S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry. 2001, 445 p.

24. Xu J., Sheng L., Yan Z., Hong L. Blood Lead and Cadmium Levels in Children: A Study Conducted in Changchun, Jilin Province, China. *Paediatrics & Child Health*. 2014, 19 (2), pp. 73-76.

25. Yann, S., Galineau J., Hulin A., Caini F., Marquis N. et al. Health effects of ambient air pollution: Do different methods for estimating exposure lead to different results? *Environment International*. 2014, 66, pp. 165-173.

Контактная информация:

Савченко Ольга Владимировна — кандидат медицинских наук, научный сотрудник лаборатории фармакологии ФГБУН «Национальный научный центр морской биологии» Дальневосточного отделения Российской академии наук; доцент Школы биомедицины ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет» Министерства образования и науки Российской Федерации

Адрес: 690091, г. Владивосток, ул. Уткинская, 15-8
E-mail: lamanit@mail.ru