

© Н.В. Зайцева, П.З. Шур, Н.Г. Атискова

ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий
управления рисками здоровью населения»

г. Пермь, Россия

ОЦЕНКА РИСКА ЗДОРОВЬЮ В УСЛОВИЯХ ХРОНИЧЕСКОГО ИНГАЛЯЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ МАРГАНЦА

Аннотация. В статье представлены результаты проведения полуколичественной и количественной оценки риска здоровью в условиях хронического ингаляционного воздействия марганца.

По результатам полуколичественной оценки риска здоровью, проведенной с использованием risk-based норматива для марганца в атмосферном воздухе, установлены недопустимые уровни риска для нарушений со стороны органов дыхания (HI до 32,17) и ЦНС (HI до 7,45), вклад марганца в величину HI до 21,4 % и до 45,6 % для органов дыхания и ЦНС, соответственно.

Количественная оценка риска проводилась с учетом результатов моделирования зависимости «вероятность возникновения нарушения здоровья – экспозиция» и величины коэффициента тяжести для атопического дерматита (0,379). Результаты количественной оценки риска позволили установить неприемлемый уровень риска здоровью, связанный с возникновением атопического дерматита, значения которого составили от 0,066 до 0,106 и могут быть использованы в рамках анализа результативности и эффективности действий Роспотребнадзора, а также в оценке экономической эффективности санитарно-гигиенических и профилактических мероприятий по снижению риска для здоровья.

Ключевые слова: полуколичественная оценка риска, количественная оценка риска, risk-based норматив марганца.

© N.V. Zaitseva, P.Z. Shur, N.G. Atiskova

FBSI «Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management
Technologies»

Perm, Russia

ASSESSMENT OF HEALTH RISK UNDER THE CONDITIONS OF CHRONIC INHALATION EXPOSURE OF MANGANESE

Abstract. The article presents the results of semi-quantitative and quantitative assessment of health risk under the conditions of long-term inhalation exposure of manganese.

According to the results of the semi-quantitative health risk assessment carried out with the help of the risk-based standard for manganese in ambient air unacceptable risk levels for respiratory system disorders (HI up to 32,17) and central nervous system disorders (HI up to 7,45) were determined. The impact of manganese on HI was up to 21,4 % and up to 45,6 % on the respiratory system and the CNS, respectively.

The quantitative risk assessment was performed taking into account the results of “health effect occurrence probability – exposure” modeling and severity index for atopic dermatitis (0,379). The results of the quantitative health risk assessment showed unacceptable health risk levels due to atopic dermatitis that counted from 0,0066 to 0,106. These results can be used for analysis of the efficiency of activities of

the Federal Service on Surveillance for Consumer rights protection and human well-being and for cost-effectiveness evaluation of sanitary, hygienic and preventive measures aimed at health risk decreasing.
Keywords: semi-quantitative health risk assessment, quantitative risk assessment, manganese risk-based standard.

Введение. В настоящее время в гигиене окружающей среды одним из важнейших направлений является разработка методологии установления и прогнозирования количественных связей между степенью влияния реальных сочетаний вредных факторов окружающей среды и состоянием здоровья населения [2]. При этом именно концепция оценки риска рассматривается в качестве главного механизма разработки и принятия управленческих решений в отношении загрязнения окружающей среды [5].

Развитие методологии оценки риска для здоровья в Российской Федерации позволило существенно повысить обоснованность действий по обеспечению санитарно-гигиенической безопасности населения. В то же время существующие методические подходы к анализу неканцерогенного риска (полуколичественная оценка) с целью более эффективного решения задач, поставленных в рамках основных направлений деятельности Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, следует дополнять количественной оценкой неканцерогенного риска по результатам эпидемиологических исследований [4].

Цель исследования – провести полуколичественную и количественную оценку риска здоровью населения в условиях хронического ингаляционного воздействия марганца.

Материал и методы. Гигиеническая оценка качества атмосферного воздуха выполнена по материалам, представленным Управлением Роспотребнадзора по Свердловской области за период с 2008 по 2012 гг., а также по данным натурных исследований ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения».

Территория исследования – г. Нижний Тагил – была разделена на 3 зоны воздействия и район сравнения, отличающиеся уровнями содержания марганца в атмосферном воздухе.

Полуколичественная оценка риска здоровью населения, выбор критических систем и органов, характерных для хронического ингаляционного воздействия марганца, а также характеристика уровня риска, полученного по результатам количественной оценки риска, проводились в соответствии с «Руководством по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду» [6].

Характеристика причинно-следственных связей между воздействием аэрогенных химических факторов окружающей среды и возникновением заболеваний, а также математическое моделирование зависимости «вероятность возникновения ответа со стороны здоровья – экспозиция» проводились по результатам поперечного эпидемиологического исследования детского населения в возрасте от 1 до 14 лет (32 532 человека) и от 3 до 7 лет (382 человека), соответственно, проживающего на территориях наблюдения.

Оценка состояния здоровья проводилась с использованием данных об обращаемости за медицинской помощью, а также по результатам углубленных лабораторных исследований, в соответствии с критическими органами и системами, характерными для условий хронической ингаляционной экспозиции марганцем.

Для расчета эпидемиологических показателей использовалась программа STATA.

Установление величины гигиенического норматива содержания марганца в атмосферном воздухе по критерию допустимого риска, а также моделирование вероятности возникновения ответа со стороны здоровья в зависимости от содержания марганца в атмосферном воздухе проводились в соответствии с МР 2.1.10.0062-12 «Количественная оценка неканцерогенного

риска при воздействии химических веществ на основе построения эволюционных моделей» [3].

Результаты и обсуждение. В соответствии с перечнем приоритетных для гармонизации гигиенических нормативов содержания в атмосферном воздухе в условиях хронического воздействия [1] для марганца проводилась разработка среднегодовой ПДК, которая может быть использована при проведении оценки риска.

По результатам анализа информации в качестве критических систем и органов, характерных для хронического ингаляционного воздействия марганца, рассматривались нозологические формы – представители трех классов болезней по МКБ-10 (V – психические расстройства и расстройства поведения; VI – болезни нервной системы; X – болезни органов дыхания). Кроме того, так как марганец является доказанным аллергеном, в ходе исследования учитывались соответствующие эффекты со стороны здоровья, в том числе и донозологические [8, 9].

По результатам оценки причинно-следственной связи между заболеваемостью детей и проживанием в условиях хронического ингаляционного воздействия (таблица 1) в качестве маркерного заболевания был выбран атопический дерматит (L 20.9).

Таблица 1

Показатели установленных причинно-следственных связей между заболеваемостью детей в возрасте от 1 до 14 лет атопическим дерматитом по данным обращаемости за медицинской помощью и проживанием в разных условиях экспозиции ($p < 0,05$)

Класс заболеваний/нозологическая форма по МКБ-10	Зона воздействия 1		Зона воздействия 2		Зона воздействия 3	
	OR	CI	OR	CI	OR	CI
Атопический дерматит (L 20.9)	10,32	(5,02–21,2)	10,23	(4,93–21,2)	5,09	(2,14–12,1)

По результатам математического моделирования эволюции риска для атопического дерматита, как специфического ответа для хронического

ингаляционного воздействия марганца, концентрация, при которой риск здоровью населения характеризуется как пренебрежимо малый, составила $0,00005 \text{ мг/м}^3$. Таким образом, в качестве норматива содержания в атмосферном воздухе марганца, установленного по критерию допустимого риска для здоровья, рассматривается концентрация $0,00005 \text{ мг/м}^3$, а в качестве критических эффектов предложены аллергические реакции.

Полученный risk-based норматив марганца для атмосферного воздуха был использован в рамках оценки риска здоровью населения, связанного с воздействием загрязняющих веществ атмосферного воздуха г. Нижний Тагил.

По результатам оценки риска здоровью в условиях хронического ингаляционного воздействия марганца во всех районах г. Нижний Тагил были установлены превышения допустимых значений коэффициентов опасности ($HQ = 1$) для марганца – HQ от 1,09 (район сравнения) до 3,27 (зона воздействия 1).

При оценке комбинированного воздействия также установлены превышения допустимого уровня индекса опасности ($HI = 1$) для критических в условиях хронического ингаляционного воздействия марганца органов и систем во всех районах исследования. Так, значения HI для органов дыхания составили от 10,29 (район сравнения) до 32,17 (зона воздействия 3) (вклад марганца в величину HI от 4,8 % до 21,4 %), для ЦНС – от 4,51 (район сравнения) до 7,45 (зона воздействия 3) (вклад марганца в величину HI от 20,5 % до 45,6 %).

В рамках количественной оценки риска в качестве маркерного ответа на хроническое ингаляционное воздействие марганца также был принят atopический дерматит. При проведении количественной оценки неканцерогенного риска принимались во внимание тяжесть вреда и вероятность возникновения этого вреда, которая определяется по результатам математического моделирования зависимости «вероятность

возникновения нарушения здоровья – экспозиция». Величина коэффициента тяжести атопического дерматита устанавливалась на основе данных о заболеваемости населения Пермского края и экспертных оценок тяжести наиболее часто встречающихся заболеваний с применением метода медианных рангов [7].

Результаты проведения количественной оценки риска здоровью, обусловленного атопическим дерматитом (коэффициент тяжести – 0,379) в условиях хронической ингаляционной экспозиции марганца, представлены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты количественной оценки риска возникновения атопического дерматита вследствие аэрогенного воздействия марганца для детского населения г. Нижний Тагил в возрасте от 3 до 7 лет

Район исследования	Средняя концентрация марганца в атмосферном воздухе, мг/м ³	Вероятность возникновения атопического дерматита у детского населения	Риск здоровью, связанный с возникновением атопического дерматита у детского населения по результатам количественной оценки
Район сравнения	5,43E-05	0,173	0,066
Зона 1	1,58E-04	0,280	0,106
Зона 2	1,02E-04	0,217	0,082
Зона 3	1,23E-04	0,240	0,091

Использование коэффициента тяжести для расчета уровня риска позволило в рамках характеристики риска здоровью применить систему критериев приемлемости риска, в соответствии с которой в качестве предельно допустимого риска здоровью рассматривается уровень от 1×10^{-6} до 1×10^{-4} , и оценить риск здоровью, связанный с возникновением атопического дерматита, на всех территориях исследования как неприемлемый и требующий проведения экстренных оздоровительных мероприятий по его снижению.

Выводы. Комплекс исследований, включающий аналитический обзор существующих гигиенических стандартов для хронического ингаляционного

воздействия марганца, установление реперных уровней содержания марганца в атмосферном воздухе, а также эволюционное моделирование риска здоровью, обусловленного атопическим дерматитом, позволило установить risk-based норматив содержания марганца в атмосферном воздухе на уровне $0,00005 \text{ мг/м}^3$ и использовать его в рамках оценки риска здоровью.

По результатам полуколичественной оценки риска здоровью в условиях хронического ингаляционного воздействия марганца во всех районах исследования установлены недопустимые уровни риска для нарушений со стороны органов дыхания (НІ до 32,17) и ЦНС (НІ до 7,45), вклад марганца в величину НІ до 21,4 % и до 45,6 % для органов дыхания и ЦНС, соответственно.

Результаты количественной оценки риска позволили установить неприемлемый уровень риска здоровью, связанный с возникновением атопического дерматита, значения которого составили от 0,066 до 0,106 и могут быть использованы в рамках анализа результативности и эффективности действий Роспотребнадзора, а также в оценке экономической эффективности санитарно-гигиенических и профилактических мероприятий по снижению риска для здоровья.

Список литературы:

1. *Атискова Н.Г., Шур П.З., Романенко К.В., Шляпников Д.М., Шараева А.А.* Формирование списков приоритетных для гармонизации гигиенических нормативов содержания химических веществ в атмосферном воздухе // *Здоровье населения и среда обитания.* – 2013. – № 11. – С. 7–9.
2. *Зайцева Н.В., Май И.В., Шур П.З.* Анализ риска здоровью населения на современном этапе // *Здравоохранение Российской Федерации.* – 2013. – № 2. – С. 20–24.
3. МР 2.1.10.0062-12 «Количественная оценка неканцерогенного риска при воздействии химических веществ на основе построения эволюционных моделей». Методические рекомендации МР. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2012. – 36 с.
4. *Онищенко Г.Г.* Оценка и управление рисками для здоровья как эффективный инструмент решения задач обеспечения санитарно-

эпидемиологического благополучия населения Российской Федерации // Анализ риска здоровью. – 2013. – № 1. – С. 4–14.

5. *Онищенко Г.Г., Новиков С.М., Рахманин Ю.А., Авалиани С.Л., Буштуева К.А.* Основы оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду / Под ред. Ю.А. Рахманина, Г.Г. Онищенко. – М.: НИИ ЭЧ и ГОС, 2002. – 480 с.

6. Руководство по оценке риска при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающей среды. Р 2.1.10.1920-04.

7. *Цинкер М.Ю., Кирьянов Д.А., Камалтдинов М.Р.* Применение комплексного индекса нарушения здоровья населения для оценки популяционного здоровья в Пермском крае // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2013. – Т. 15, № 3(6). – С. 1988–1992.

8. *Kagamimori S., Makino T., Hiramaru Y., et al.* 1973. [Studies of effects on the respiratory organs of air pollution through dust consisting mainly of manganese] // *Nipon Koshu Eisei Zasshi [Japanese Journal of Public Health]*. – 1973. – Vol. 20. – P. 413–421.

9. Toxicological profile for manganese, U.S. Department of Health and Human Services // Agency for Toxic Substances and Disease Registry. – 2008. – September.

References

1. *Atiskova N.G., Shur P.Z., Romanenko K.V., Shlyapnikov D.M., Sharaeva A.A.* Formirovanie spiskov prioritnykh dlya garmonizatsii gigienicheskikh normativov sodержaniya khimicheskikh veshchestv v atmosfernom vozdukh [Formation of priority lists for harmonization of hygienic standards of the content of chemicals in atmospheric air]. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*, 2013, no. 11, pp. 7–9 (in Russian).

2. *Zaytseva N.V., May I.V., Shur P.Z.* Analiz riska zdorov'yu naseleniya na sovremennom etape [Analysis of population health risk at the present stage]. *Zdravookhranenie Rossiyskoy Federatsii*, 2013, no. 2, pp. 20–24 (in Russian).

3. MR 2.1.10.0062-12 «Kolichestvennaya otsenka nekantserogennogo riska pri vozdeystvii khimicheskikh veshchestv na osnove postroeniya evolyutsionnykh modeley». Metodicheskie rekomendatsii MR [Methodological recommendations “Qualitative assessment of non-cancerogenic risk under the influence of chemical substances on the basis of evolutionary models]. Moscow: Federal'nyy tsentr gigieny i epidemiologii Rospotrebnadzora, 2012. 36 p. (in Russian).

4. *Onishchenko G.G.* Otsenka i upravlenie riskami dlya zdorov'ya kak effektivnyy instrument resheniya zadach obespecheniya sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchiya naseleniya Rossiyskoy Federatsii [Assessment and management of health risks as an effective instrument to cope with the tasks of providing sanitary – epidemic well-being of the population of the Russian Federation]. *Analiz riska zdorov'yu*, 2013, no. 1, pp. 4–14 (in Russian).

5. Onishchenko G.G., Novikov S.M., Rakhmanin Yu.A., Avaliani S.L., Bushtueva K.A. Osnovy otsenki riska dlya zdorov'ya naseleniya pri vozdeystvii khimicheskikh veshchestv, zagryaznyayushchikh okruzhayushchuyu sredu [Basics of the assessment of population health risks under the influence of chemical substances polluting the environment]. Moscow: NII ECh i GOS, 2002. 480 p. (in Russian).

6. Rukovodstvo po otsenke riska pri vozdeystvii khimicheskikh veshchestv, zagryaznyayushchikh okruzhayushchey sredy. R 2.1.10.1920-04 [Guide of assessment of risks under the influence of chemical substances polluting the environment. R 2.1.10.1920-04]. (in Russian).

7. Tsinker M.Yu., Kir'yanov D.A., Kamaltdinov M.R. Primenenie kompleksnogo indeksa narusheniya zdorov'ya naseleniya dlya otsenki populyatsionnogo zdorov'ya v Permskom krae [Use of the complex index of human health disturbances to assess population health in Perm region]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk*, 2013, vol. 15, no. 3(6), pp. 1988–1992 (in Russian).

8. Kagamimori S, Makino T, Hiramaru Y, et al. 1973. [Studies of effects on the respiratory organs of air pollution through dust consisting mainly of manganese]. *Japanese Journal of Public Health*, 1973, no. 20, pp. 413–421.

9. Toxicological profile for manganese, U.S. Department of Health and Human Services. *Agency for Toxic Substances and Disease Registry*, 2008, September.

Зайцева Нина Владимировна – академик РАМН, доктор медицинских наук, профессор, директор ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» (тел.: 8 (342) 237-25-34, e-mail: znv@fcrisk.ru).

Шур Павел Залманович – доктор медицинских наук, ученый секретарь (тел.: 8 (342) 238-33-37, e-mail: shur@fcrisk.ru).

Атискова Нина Георгиевна – ведущий специалист по оценке риска отдела анализа риска для здоровья (тел.: 8 (342) 238-33-37, e-mail: atiskova@fcrisk.ru).

ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», Россия, 614045, г. Пермь, ул. Монастырская, д. 82.

Zaytseva Nina Vladimirovna – academician of the RAMS, Doctor of Medical Science, professor, head of the “Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies” (tel. 8 (342) 237-25-34, e-mail: znv@fcrisk.ru).

Shur Pavel Zalmanovich – Doctor of Medical Science, academic secretary (8 (342) 238-33-37, e-mail: shur@fcrisk.ru).

Atiskova Nina Georgievna – leading specialist of risk assessment, department of health risk analysis (tel. 8 (342) 238-33-37, e-mail: atiskova@fcrisk.ru).

“Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies”,
82, Monastyrskaya street, Perm, 614045, Russia.