DOI: 10.17117/na.2016.09.02.109

<http://ucom.ru/doc/na.2016.09.02.109.pdf>

Поступила (Received): 29.09.2016

Степанова Н.В., Фомина С.Ф. Оценка суммарной экспозиции тяжелыми металлами для детского населения г. Казань

Stepanova N.V., Fomina S.F.
Assessment of the total exposure to heavy metals
of the child population city of Kazan

Оценка экспозиции в методологии риска имеет особое значение при определении значимости для организма детей длительного воздействия химических веществ на уровнях ниже регламента. Результаты исследования показали, что основным путем поступления тяжелых металлов в организм детей в различных зонах города является ингаляционный (60 – 75%). Оральный путь занимает второе место (27,3 – 39 %). Поступление тяжелых металлов накожным путем в суммарной экспозиции составляет (0,16 – 0,3%)

Ключевые слова: оценка риска, тяжелые металлы, экспозиция, дети

Assessment of exposure to risk assessment methodology is of particular importance in determining the significance of the body of children of prolonged exposure to chemicals at levels below the limit. The results showed that the main route of heavy metals in the body of children in different areas of the city is inhaled (60 – 75%). The oral route is the second (27, 3 – 39%). Receipt by percutaneous heavy metals in the total exposure is (0, 16 – 0, 3%)

Key words: risk assessment, heavy metal exposure, children

Степанова Наталья Владимировна
Доктор медицинских наук, профессор
Казанский (Приволжский) федеральный
университет
г. Казань, ул. К. Маркса, 74

Stepanova Natalya Vladimirovna
Doctor of Medical Sciences, Professor
Kazan (Volga Region) federal university
Kazan, K. Marx st., 74

Фомина Сурьяна Фаритовна
Аспирант
Казанский (Приволжский) федеральный
университет
г. Казань, ул. К. Маркса, 74

Fomina Suryana Faritovna
Graduate
Kazan (Volga Region) federal university
Kazan, K. Marx st., 74

Публикация осуществлена при финансовой поддержке РГНФ и Правительства Республики Татарстан в рамках научного проекта № 15-16-16008

В последние десятилетия существенно изменились методологические подходы к гигиенической оценке среды и здоровья. Наиболее активно используется признанная международными организациями (ВОЗ, Программа ООН по окружающей среде) методология оценки риска, которой в нашей стране придан официальный статус. Оценка экспозиции в методологии оценки риска имеет

особое значение при определении значимости для организма детей длительного воздействия химических веществ на уровнях ниже регламента. Используя методологию оценки риска, местная администрация может установить существующие региональные проблемы по охране здоровья населения и окружающей среды и степени их приоритетности.

Цель исследования – провести оценку суммарной экспозиции тяжелыми металлами, поступающих в организм детского населения г. Казани из различных объектов окружающей среды. Оценка экспозиции проводилась на основании [1, с.135-143] с использованием стандартных формул расчета средней суточной дозы и стандартных факторов экспозиции.

Этапу принятия управленческих решений предшествует этап характеристики риска для здоровья населения приоритетных факторов среды обитания, которые необходимо выявить и проранжировать по уровню влияния на здоровье населения. Изучаемые в нашем исследовании тяжелые металлы (ТМ) занимают с 8-го по 16-е место в списке приоритетных загрязнителей атмосферного воздуха г.Казани. В почве и продуктах питания они входят в первую десятку аналогичного перечня, что подчеркивает важность оценки риска от воздействия ТМ в условиях города для здоровья.

В реальных условиях поступление ТМ в организм человека осуществляется одновременно из разных сред (атмосферный воздух, питьевая вода, вода поверхностного водоема, почва, продукты питания), так как они присутствуют во всех этих объектах, различными путями (пероральный, ингаляционный, кожный). Такой тип экспозиции характеризуется как многосредовое и комплексное воздействие (табл.1).

При определении значимости пути поступления ТМ в организм детей, проживающих в различных зонах города [2, с. 2], учитывались физико-химические свойства, уровни их содержания в воздействующих средах, продолжительность поступления при данном пути, вероятность экспозиции и риска, связанного с наличием этого пути поступления. Поэтому было исключено ингаляционное поступление ТМ, содержащихся в воде при приеме душа и купании (коэффициент диффузии в воздух – Да – был принят близким к нулю).

Таблица 1. Сценарий многосредового воздействия.
Рецепторная точка: пять зон города (I, II, III, IV, V). Популяция:
детское население. Условия воздействия: селитебная зона

Среда	Путь поступления		
	ингаляция	перорально	накожно
Атмосферный воздух	+	-	-
Водопроводная вода	-	+	+
Почва	+	+	+
Вода открытого водоема (плавание)	-	+	+
Продукты питания	-	+	-

Примечание: + – путь поступления вещества из данной среды включен в расчет доз и рисков

Оценка экспозиции является важным этапом оценки риска, в процессе которого устанавливается количественное поступление агента в организм в результате контакта с различными объектами окружающей среды (воздух, вода, почва, продукты питания). Используя выбранный сценарий, мы рассчитали среднесуточное поступление изученных ТМ пероральным, ингаляционным и кожным путем из различных объектов окружающей среды. Основную дозу ТМ дети города получают ингаляционным путем (рис.1). Величина суммарного ингаляционного поступления ТМ, которая складывается из поступления ТМ с атмосферным воздухом и почвой, колебалась незначительно. Первое место занимала III зона города (1,33 мг/кг-день), второе – IV (1,13 мг/кг-день), третье место делили I и II зоны (1,05 мг/кг-день) с одинаковой суммарной среднесуточной дозой (рис.1). Минимальное суточное поступление ТМ отмечалось в V зоне и составляло 0,235 мг/кг-день.

Рис. 1. Дозы поступления суммы ТМ в организм детей ингаляционным и оральным путями в различных зонах города

Основной вклад в суммарное ингаляционное поступление ТМ в I и II зоне вносили кобальт, марганец и цинк, в III–V зонах, по мере убывания – марганец, цинк и свинец. Больше всего свинца и меди ингаляционным путем в организм детей поступало в III–V зонах, тогда как цинка – во II и V зонах.

Энтеральный путь является вторым по значимости. Согласно полученным данным, по величине среднесуточного поступления ТМ пероральным путем лидируют I и II зоны, преимущественно с питьевой водой (рис.1). Среднесуточное поступление ТМ пероральным путем определялось их концентрациями в почве, воде и продуктах питания и варьировало в отдельных зонах города от 0,314 мг/кг-день (IV зона) до 0,485 мг/кг-день (II зона). Наибольший вклад в суммарное поступление ТМ этим путем в организм детей вносили в I и II зонах магний (0,218 и 0,307 мг/кг-день), цинк (0,15 мг/кг-день в обеих зонах) и медь (0,02 мг/кг-день), тогда как в III–V зонах – цинк (0,15 мг/кг-день), магний (0,045, 0,071

и 0,083 мг/кг-день) и медь (0,02 мг/кг-день). Величина поступления ТМ с продуктами питания во всех зонах была принятой одинаковой. Расчетные дозы поступления ТМ с атмосферным воздухом были приняты равными для всех зон и суммарно составляли 3,94E-04 мг/кг-день.

Различия между зонами определялись загрязненностью почвы. Ведущее значение при ингаляционном пути поступления ТМ имела их концентрация в почве, величина которой была наибольшей в III зоне, что и определило эту зону как наиболее неблагоприятную. Вклад отдельных ТМ в суммарное ингаляционное поступление ТМ в зонах города различался (рис. 2). Если в I и II зонах основной вклад вносили кобальт, марганец и цинк, то в III–V зонах, по мере убывания, марганец, цинк и свинец.

Рис. 2. Доля отдельных металлов при ингаляционном пути поступления в организм детей, проживающих в III зоне города, %

Наибольший вклад в суммарную суточную дозу при пероральном пути вносили ТМ, поступающие с питьевой водой и продуктами питания. Величина поступления ТМ с питьевой водой составила наибольшее значение во II (0,322 мг/кг-день) и I зонах (0,231 мг/кг-день) и определялась магнием, железом и цинком. Больше всего магния с водой поступало в организм детей во II и I зонах, соответственно 0,307 и 0,217 мг/кг-день, железа и цинка – в V и IV зонах (соответственно 0,019 и 0,012 мг/кг-день и 0,144 мг/кг-день), тогда как в других зонах эти показатели были ниже в 2-3 раза.

Значимость поступления ТМ в организм детей накожным путем, по нашим расчетам, была незначительной. Среднесуточное поступление ТМ накожным путем включало абсорбированные дозы из почвы, воды водоемов и питьевой воды. Расчет поглощенной дозы, мг/кг-день, кроме стандартных факторов экспозиции учитывал коэффициент кожной проницаемости (Кр) ТМ. Значение Кр определялось по формуле, которая с учетом того, что коэффициент распределения октанол/вода (Kow) был принят близким к нулю (растворимость неорганических веществ в октаноле очень незначительная), имела вид:

$\text{Log}(K_p) = 0,0056 \cdot M - 2,8$, где M – молекулярная масса отдельных ТМ. Поступление ТМ кожным путем было наименьшим в I и II зонах, составив 0,001 мг/кг-день (I зона) и 0,0016 мг/кг-день (II зона). Основной вклад в среднесуточное кожное поступление ТМ вносит питьевая вода (прием душа, купание), что составляет от 42% в III зоне до 82,0% во II зоне. Величины поступления ТМ с почвой и водой водоемов являются практически одинаковой между собой и между зонами и варьируют в пределах 0,0027-0,024 мг/кг-день.

Анализ суммарного среднесуточного поступления всех ТМ из анализируемых сред ингаляционным, пероральным и кожным путями показал, что самое большое количество металлов поступает в организм детей в I и II зонах города, соответственно 2,499 мг/кг-день и 1,542 мг/кг-день. Самый большой вклад в суммарное среднесуточное поступление ТМ приходится на марганец, цинк, магний и медь, являющимися условно или эссенциально необходимыми элементами.

Свинец, никель, кадмий и хром, относящиеся к 1 и 2 классу опасности, в суммарной суточной экспозиции в отдельных зонах составляют 4,0-5,1%. В нашем исследовании этот показатель для детского населения варьировал в различных зонах города от 0,03 до 0,07 мг/кг-сутки. Вместе с тем грамотно интерпретировать полученные данные не позволяет ряд обстоятельств: отсутствие регламентов для детей, большие возможности по сравнению с взрослым у детского организма кумулировать ТМ и неопределенности, существующие при анализе объектов среды и расчете экспозиционных доз.

Структурные и функциональные характеристики у детей принципиально различаются не только от взрослых, но и внутри возрастных групп, что при нормальном росте и развитии делают их более уязвимыми к химическим веществам [3, с. 8]. Кроме того, как уже подчеркивалось ранее, данные о содержании ТМ в продуктах питания, атмосферном воздухе по разным причинам (малый объем выборки, усеченный режим наблюдения, ограниченный спектр контролируемых металлов и т.д.), особенно в разрезе конкретных зон города, являются недостаточно надежными. К недостаткам отечественных регламентов следует отнести ограниченное число соединений, для которого имеются допустимые суточные дозы (ДСД). Отсутствуют они и для ряда ТМ, что вынуждает использовать регламенты ВОЗ/ФАО. Обобщая полученные результаты, укажем, что ведущим путем поступления ТМ в организм детей в различных зонах города является ингаляционный (60 – 75%), при котором значительный вклад вносит загрязненность городской почвы. Оральный путь, хотя и занимает второе место, но его доля на порядок ниже (27, 3 – 39 %). Поступление в организм тяжелых металлов кожным путем в суммарной экспозиции имеет малое значение (0,16 – 0,3%).

Список используемых источников:

1. Рахманин Ю.А., Онищенко Г.Г., Киселев А.В. и др.. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду (Р 2.1.10.1920-04). М.: ФЦ Госсанэпид-надзора Минздрава России, 2004.
2. Степанова Н.В., Валеева Э.Р., Фомина С.Ф. Подходы к ранжированию городской территории по уровню загрязнения тяжелыми металлами // Гигиена и санитария. 2015. № 5. С. 56-61.

З. Степанова Н.В., Фомина С.Ф. Новые направления в методологии оценки риска для здоровья населения – оценка детского риска //Тенденции и инновации фундаментальных и прикладных наук: монография. Книга 3. Глава 1. Ставрополь, 2016. С. 6-22.

© 2016, Степанова Н.В., Фомина С.Ф.
Оценка суммарной экспозиции тяжелыми
металлами для детского населения г. Казань

© 2016, Stepanova N.V., Fomina S.F.
Assessment of the total exposure to heavy metals of
the child population city of Kazan