

© Кадникова Е.П., 2019

УДК 613.9

ХИМИЧЕСКОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ И СОСТОЯНИЕ ЗДОРОВЬЯ ДЕТЕЙ ДОШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА, ПО ДАННЫМ СОЦИАЛЬНО-ГИГИЕНИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

Е.П. Кадникова

ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России, ул. Репина, 3, г. Екатеринбург, Свердловская область, 620028, Россия

Высокие уровни промышленного развития территорий области обусловили долговременное и непрерывное загрязнение объектов среды обитания. По данным социально-гигиенического мониторинга, в Свердловской области в условиях комплексной химической нагрузки проживает более 70% населения и наиболее уязвимыми группами риска являются дети. Приоритетными загрязнителями среды обитания в промышленных городах области являются свинец, кадмий и мышьяк. По данным интегральных оценок, химическое загрязнение среды обитания указанными токсикантами формирует неканцерогенные риски для здоровья населения. Установленные неканцерогенные риски здоровью подтверждены показателями социально-гигиенического мониторинга уровня хронической заболеваемости детей в организованных коллективах и свидетельствуют о статистически достоверных превышениях по сравнению со среднеобластными показателями. По данным математического моделирования обнаружены статистически достоверные взаимосвязи между содержанием свинца, кадмия, мышьяка в объектах окружающей среды и результатами биомониторинга.

Ключевые слова: кадмий, свинец, мышьяк, дети дошкольного возраста, хроническая заболеваемость, промышленно развитые территории, оценка риска, биологический мониторинг, кровь, моча.

E.P. Kadnikova □ CHEMICAL CONTAMINATION OF THE ENVIRONMENT AND HEALTH STATUS OF PRESCHOOL CHILDREN BASED ON SOCIO-HYGIENIC MONITORING DATA □ Ural State Medical University of the Russian Ministry of Health, 3 Repin Str., Ekaterinburg, 620028, Russia.

High levels of industrial development of the region's areas caused long-term and continuous of habitat objects pollution. Based on socio-hygienic monitoring data, over 70 per cent of the Sverdlovsk Region population is exposed to a set of various chemicals, and children constitute the most sensitive risk group. Lead, cadmium and arsenic are priority contaminants of the habitat in industrial cities and towns of the region. According to the integral estimates, chemical contamination of the habitat by these toxicants forms non-carcinogenic risks to public health. The established non-carcinogenic health risks are confirmed by social and hygienic monitoring indicators of the children chronic morbidity level in organized groups and indicate a statistically significant excess compared with the average regional indicators. According to the mathematical modeling data, statistically significant interrelations were found between the content of lead, cadmium, arsenic in environmental objects and the biomonitoring results.

Key words: cadmium, lead, arsenic, preschool children, chronic morbidity, industrialized areas, risk assessment, biological monitoring, blood, urine.

В последние годы возрастающее загрязнение окружающей среды представляет собой серьезную угрозу для здоровья человека и является одной из актуальных проблем современности. По данным социально-гигиенического мониторинга Свердловской области, под влиянием комплексной химической нагрузки проживает более 70 % населения, наиболее уязвимыми группами риска здоровью являются дети, беременные женщины [1]. Приоритетными загрязнителями среды обитания в промышленных городах области являются свинец, кадмий и мышьяк. Прогноз рисков для здоровья населения, обусловленных многосредовым свинцовым загрязнением, свидетельствует о возникновении дополнительных 659 случаев задержки психического развития у детей дошкольного возраста и 1239 случаев преждевременной смерти среди взрослого населения; воздействием мышьяка – 523 случая онкологических заболеваний; кадмия – 139 468 случаев нефропатий в течение всей жизни [3, 4].

При анализе влияния на здоровье населения токсичных контаминантов среды обитания, наиболее важно учитывать вредные эффекты, которые проявляются на системном – организменном уровне, иногда затрагивая отдельные

органы-«мишени», и зависят от суммарной «поглощенной» дозы вещества, величина которой, в свою очередь, имеет прямую зависимость от величины внешней экспозиции, получаемой по результатам исследований окружающей среды [1, 5]. Своевременная и правильная интерпретация результатов оценки токсической нагрузки (по данным экспозиции) и содержания токсичного вещества или его метаболита в биологических средах (по данным биомониторинга) позволяет предотвратить и/или снизить его неблагоприятное воздействие на организм путем реализации адресных профилактических мероприятий [2]. Одним из актуальных направлений в этом вопросе является разработка принципов гигиенической оценки закономерностей содержания токсикантов в объектах внешней среды и в биосредах с учетом зависимостей «внешняя среда – маркер экспозиции» с последующим использованием этих результатов в выборе и уточнении групп риска среди населения для реализации медико-профилактических мероприятий по предупреждению заболеваний, обусловленных химическим загрязнением среды обитания.

Цель исследования – оценить химическое загрязнение среды обитания и его влияние на со-

стояние здоровья детей дошкольного возраста в промышленных городах Свердловской области.

Материалы и методы. Расчет неканцерогенного риска выполнен в соответствии с Руководством¹ на основе средних концентраций кадмия, свинца и мышьяка в объектах среды обитания, полученных по данным оптимизированного мониторинга среды обитания. Биомониторинг токсической нагрузки выполнен в соответствии с пособием для врачей², исследования биоматериалов проводились в соответствии с нормативными документами^{3,4}.

По данным Управления Роспотребнадзора по Свердловской области и его территориальных отделов в 11 муниципальных образованиях выполнен описательный анализ хронической заболеваемости детей в организованных коллективах.

Для статистической обработки данных использовался метод «дерево решений» (классификации) (*DecisionTree*), непараметрический критерий Манна-Уитни, проведен описательный статистический анализ. Для построения регрессионных «деревьев решений» использовался алгоритм *Conditional inference trees* (реализация *Tree* из пакета *Party*), оценивающий регрессионную функцию, описывающую отношение между зависимой и независимыми переменными, посредством рекурсивного бинарного разбиения наблюдений переменных. Для получения коэффициентов уравнения регрессии использован метод обобщенных линейных моделей (*Generalized Linear Models*), реализованный в пакете *Stat*. Произведена нормализация показателей уровня свинца, мышьяка, кадмия в крови и моче и далее выборка была разделена на группы по каждому из металлов в крови и моче: **группа 1:** уровень металла < (среднее – стандартное отклонение для данного металла); **группа 2:** (среднее – стандартное отклонение для данного металла) < уровень металла ≤ (среднее для данного металла); **группа 3:** (среднее для данного металла) ≤ уровень металла < (среднее + стандартное отклонение для данного металла); **группа 4:** уровень металла > (среднее + стандартное отклонение для данного металла).

Результаты исследования. Ведущими областями промышленности на территории Свердловской области являются горнодобывающая и металлургическая. Черная и цветная металлургия занимают 31 и 19 % соответственно от всего объема производства области. Высокие уровни промышленного развития территорий области обусловили долговременное и непрерывное загрязнение объектов среды обитания. По данным социально-гигиенического мониторинга, свинец, кадмий, мышьяк являются приоритетными загрязнителями на территории большинства промышленных городов

Свердловской области. Ежегодно к территориям риска по комплексному химическому загрязнению относятся следующие муниципальные образования: муниципальное образование «город Екатеринбург», Асбестовский городской округ (ГО), ГО Верхняя Пышма, муниципальное образование город Каменск-Уральский, Кировградский ГО, ГО Краснотурьинск, ГО Красноуральск, город Нижний Тагил, ГО Первоуральск, Полевской ГО, ГО Ревда, Серовский ГО, Режевской ГО [4].

По данным работ по оценке многосредового риска, проведенных в разное время, территории вышеуказанных муниципальных образований были зонированы на микрорайоны с учетом компактности жилой застройки и сложившейся инфраструктуры. Для наиболее полной характеристики среды обитания на территории данных городов был организован «оптимизированный» мониторинг среды обитания [3].

В большинстве муниципальных образований в 2017 г. регистрировался умеренный уровень загрязнения атмосферного воздуха по значению интегрального показателя Ксум (от 4,0 до 5,9). Наиболее высокие значения в период с 2013 по 2017 гг. регистрировались в муниципальном образовании город Нижний Тагил (Ксум от 5,9 до 9,5), ГО Верхняя Пышма (Ксум от 5,1 до 8,8), муниципальном образовании город Екатеринбург (Ксум от 4,8 до 9,6), муниципальном образовании город Каменск-Уральский (Ксум от 4,0 до 4,5), Серовском ГО (Ксум от 4,0 до 4,3), Краснотурьинском ГО (Ксум от 4,0 до 6,3). Кадмий и свинец как приоритетные загрязнители атмосферного воздуха регистрировались в разные периоды времени на территории практически всех 11 муниципальных образований. Результаты расчета среднегодовых концентраций химических веществ с учетом выбросов от основных промпредприятий и автотранспорта, выполненного в рамках проведения работ по многосредовой оценке риска, свидетельствуют о соответствии содержания свинца, кадмия и мышьяка в атмосферном воздухе среднесуточным гигиеническим нормативам. Исключение составляют 2 из 57 микрорайонов города Екатеринбурга (среднегодовые концентрации от 0,000331 до 0,000365 мг/м³), 14 из 26 микрорайонов Серовского ГО (среднегодовые концентрации от 0,00032 до 0,00067 мг/м³), 1 из 6 микрорайонов города Нижнего Тагида (среднегодовая концентрация 0,000387 мг/м³), по которым отмечается превышение содержания свинца в пределах 1,1–2,2 ПДКсс.

К территориям риска по почвенному загрязнению, где отмечался в период с 2013 по 2017 гг. опасный и чрезвычайно опасный уровень, относится Кировградский ГО (Zc от 77,4

¹ Р 2.1.10.1920–04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду», утв. Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 5 марта 2004 г.

² Организация и проведение оценки содержания токсических элементов в биологических материалах: пособие для врачей. Екатеринбург, 2004. 32 с.

³ МУК 4.1.1483–03 «Определение содержания химических элементов в диагностируемых биосубстратах, препаратах и биологически активных добавках методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной аргонной плазмой», утв. Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 29.06.2003.

⁴ МУК 4.1.1482–03 «Определение содержания химических элементов в диагностируемых биосубстратах, поливитаминных препаратах с микроэлементами, в биологически активных добавках к пище и в сырье для их изготовления методом атомной эмиссионной спектрометрии с индуктивно связанной аргонной плазмой», утв. 29.06.2003 Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации.

до 206,4), умеренно опасный и опасный уровень – ГО Краснотурьинск (Zc от 77,4 до 206,4), Красноуральск (Zc от 25,4 до 54,0) и Ревда (Zc от 25,1 до 33,4), город Нижний Тагил (Zc от 17,2 до 30,6), ГО Верхняя Пышма (Zc от 19,3 до 41,7) и Первоуральск (Zc от 23,8 до 43,3). По данным оптимизированного мониторинга, наибольшие валовые концентрации свинца, кадмия и мышьяка наблюдались в почве Кировградского ГО (свинец – 271,08 мг/кг, превышение ПДК во всех микрорайонах от 3,9 до 17,8 раза, кадмий – 10,76 мг/кг, превышение ОДК от 1,87 до 12,5 раза, мышьяк – 28,78 мг/кг, превышение ПДК от 4,6 до 26,4 раза), Красноуральского ГО (свинец – 141,18 мг/кг, превышение ПДК в отдельных микрорайонах от 3,4 до 8,05 раза, кадмий – 3,09 мг/кг, превышение ОДК от 1,1 до 5,69 раза, мышьяк – 28,31 мг/кг, превышение ПДК от 5,33 до 26,9 раза), ГО Ревды (свинец – 132,05 мг/кг, превышение ПДК во всех микрорайонах от 1,1 до 23,43 раза, кадмий – 2,59 мг/кг, превышение ОДК в отдельных микрорайонах от 1,1 до 4,29 раза, мышьяк – 13,78 мг/кг, превышение ПДК во всех микрорайонах от 1,6 до 35,8 раза).

Высокий уровень загрязнения питьевой воды по комплексному показателю санитарно-токсикологического качества питьевой воды регистрировался в городе Екатеринбург (Wc-т от 3,9 до 4,9). При оценке результатов оптимизированного мониторинга питьевой воды в разводящей сети систем централизованного водоснабжения установлено, что средние концентрации свинца, кадмия и мышьяка соответствовали гигиеническим нормативам. Наибольшие концентрации свинца, кадмия наблюдались в муниципальных образованиях: ГО Краснотурьинск (средняя концентрация свинца 0,0056 мг/л, кадмия 0,0002 мг/л), Кировградский ГО (средняя концентрация свинца 0,0023 мг/л, кадмия 0,00029 мг/л, мышьяка 0,0033 мг/л), муниципальное образование «город Екатеринбург» (средняя концентрация свинца 0,0032 мг/л, кадмия 0,00029 мг/л, мышьяка 0,0009 мг/л), муниципальное образование город Каменск-Уральский (средняя концентрация свинца 0,0006 мг/л, кадмия 0,00006 мг/л, мышьяка 0,0078 мг/л).

С целью количественной и качественной оценки риска, выявления и оценки сравнительной значимости существующих проблем для здоровья населения выполнен расчет неканцерогенного риска путем расчета коэффициентов опасности по районам городов, установленных в ходе ранее выполненных работ в рамках многоуровневой оценки риска.

При комплексном поступлении свинца, кадмия и мышьяка в организм человека из окружающей среды одновременно несколькими путями (почва, атмосферный воздух, питьевая вода) коэффициенты опасности и суммарный индекс опасности превышали единицу в Серовском ГО по свинцу (от 1,1 до 1,4), в городе Каменск-Уральске – по мышьяку (от 1,06 до 2,13), что свидетельствует о вероятном возникновении неблагоприятных эффектов на здоровье.

Характеристика суммарного риска развития неканцерогенных эффектов при комбинирован-

ном воздействии свинца, кадмия и мышьяка проводилась на основе расчета индекса опасности с учетом критических органов и систем. Специфическими эффектами хронического ингаляционного воздействия свинца и кадмия на организм являются патологические изменения со стороны почек, гормональной системы; кадмия и мышьяка – со стороны органов дыхания. При пероральном поступлении свинца, кадмия, мышьяка критической является гормональная система; свинца и мышьяка – нервная система.

Индекс опасности при комбинированном пероральном поступлении (HIo) свинца, кадмия и мышьяка в городе Каменск-Уральском превышал 1,0 (HIo = от 1,06 до 2,16), что свидетельствует о риске развития нарушений со стороны гормональной и нервной систем. Индекс опасности при комбинированном ингаляционном поступлении (HIi) свинца, кадмия превышал единицу в 2 микрорайонах города Екатеринбурга (HIi = от 1,03 до 1,08), в 4 микрорайонах Серовского ГО (HIi = от 1,06 до 1,3), что свидетельствует о риске развития нарушений со стороны почек и гормональной системы.

Суммарный индекс опасности (THI) превышал 1,0 во всех 7 микрорайонах Кировградского ГО (THI = 1,4 – 1,6), в 1 из 7 микрорайонов Красноуральского ГО (THI 1,6), 5 микрорайонах Первоуральского ГО (THI 1,2–2,3), 20 микрорайонах города Каменск-Уральска (THI 2,2–4,7), 5 из 10 микрорайонов Асбестовского ГО (THI 1,4–2,3) преимущественно за счет ингаляционного пути поступления вышеуказанных загрязнителей; в 42 из 57 микрорайонов города Екатеринбурга (THI от 1,11 до 2,1) и 6 из 26 микрорайонов Серовского ГО (THI 1,1–1,4) – за счет как ингаляционного, так и перорального путей их поступления.

Прогнозные уровни риска подтверждаются фактическими данными хронической заболеваемости детей в детских организованных коллективах. Обнаружено достоверное превышение уровней заболеваемости по сравнению со среднеобластными: в Асбестовском ГО – заболеваемости болезнями мочеполовых органов; в городе Екатеринбурге – общей заболеваемости, заболеваемости болезнями эндокринной и нервной систем, психическими расстройствами, болезнями мочеполовых органов, болезнями органов дыхания; в городе Каменск-Уральске – заболеваемости болезнями мочеполовых органов, болезнями органов дыхания; в Кировградском ГО – заболеваемости болезнями мочеполовых органов; в Серовском ГО и ГО Красноуральске – заболеваемости психическими расстройствами (табл. 1).

При оценке токсической нагрузки на детей дошкольного возраста по данным биомониторинга установлено, что наиболее высокие концентрации мышьяка в моче были обнаружены в Кировградском ГО ($0,0299 \pm 0,0086$ мг/л), в крови – в Первоуральском ГО ($13,5202 \pm 2,1514$ мкг/дл); кадмия в моче – в ГО Ревде ($0,0419 \pm 0,0077$ мг/л), в крови – Серовском ГО ($1,2045 \pm 0,0537$ мкг/дл); свинца в моче – в Первоуральском ГО ($0,0313 \pm 0,0034$ мг/л), в крови – в ГО Красноуральске ($3,9362 \pm 0,1057$ мкг/дл).

Таблица 1. Уровни хронической заболеваемости детей в организованных коллективах по отдельным классам болезней по 11 муниципальным образованиям Свердловской области

Table 1. Levels of children chronic morbidity in organized groups for individual classes of diseases in 11 municipalities of the Sverdlovsk Region

Муниципальное образование	Хроническая заболеваемость по классам болезней, на 1 000 детского нас.					
	Всего	эндокринной системы	нервной системы	психические расстройства	мочеполовых органов	органов дыхания
Свердловская область	490,93	13,86	101,86	15,49	30,50	39,61
Асбестовский городской округ	322,3*	9,3	26,7*	16,0	39,5*	26,4*
Городской округ Верхняя Пышма	300,9*	13,6	71,4*	16,3	31,8	24,5*
г. Екатеринбург	925,39*	24,2*	250,6*	25,9*	41,4*	57,1*
г. Каменск-Уральский	322,6*	10,6*	46,2*	17,2	45,7*	61,2*
Кировградский городской округ	273,2*	7,4*	27,6*	10,6	36,8*	40,1
Городской округ Красноуральск	309,6*	7,5*	69,7*	18,0*	17,9*	33,8
Городской округ Краснотурьинск	326,2*	13,6	17,8*	3,6*	21,6*	35,9
г. Нижний Тагил	586,2*	7,5*	134,2*	9,3*	18,4*	40,1
Первоуральский Городской округ	295,3*	10,1*	44,1*	10,3*	21,1*	34,3
Городской округ Ревда	371,4*	9,7*	21,5*	7,3*	46,9*	41,3
Серовский городской округ	255,3*	7,5*	15,0*	29,0*	30,7	10,7*

*Значение $p < 0,05$ по критерию Манна-Уитни.
Примечание. Жирным шрифтом выделены уровни хронической заболеваемости, которые достоверно выше среднеобластных показателей ($p < 0,05$).
 * p -value $< 0,05$ by Mann-Whitney U-test
Note. Chronic morbidity levels, which is significantly higher than the average regional indicators ($p < 0,05$) are in bold

Обнаруженные по данным биомониторинга высокие уровни токсической нагрузки согласуются с данными хронической заболеваемости детей в организованных коллективах, указанными в табл. 1. Высокие уровни кадмия в моче в ГО Ревде находят свое отражение и в превышении среднеобластного показателя болезней мочеполовых органов, высокие уровни свинца в крови в ГО Красноуральске – в превышении среднеобластного показателя заболеваемости психическими расстройствами.

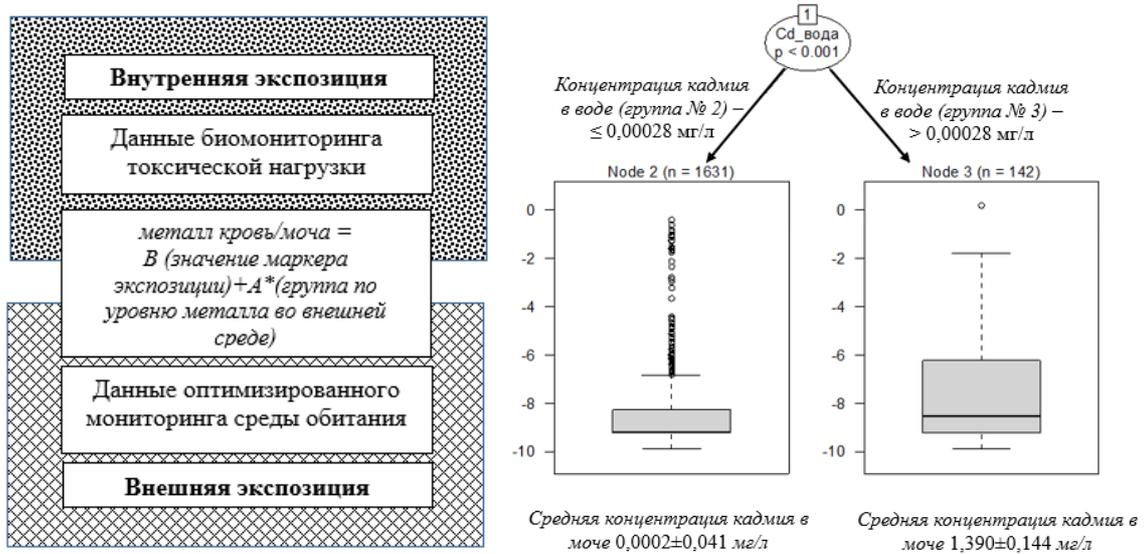
С целью установления зависимостей «внешняя среда – маркер экспозиции» был применен метод построения «дерево классификаций» – *DecisionTree*, позволяющий обнаружить причастность наблюдений или объектов к тому или иному классу категориальной зависимой переменной в соответствии со значениями одной или нескольких предикторных переменных. Для моделирования зависимостей в качестве предикторных переменных были выбраны средние концентрации свинца, кадмия и мышьяка в объектах окружающей среды (в атмосферном воздухе, питьевой воде и почве) по данным оптимизированного мониторинга, а зависимой переменной являлись маркеры экспозиции (рис. 1).

По результатам статистического анализа методом «дерево решений» (классификации) (*DecisionTree*) установлены взаимосвязи между

концентрациями токсикантов в объектах окружающей среды и данными биомониторинга (табл. 2).

Данные, представленные в табл. 2, демонстрируют увеличение концентраций свинца, мышьяка и кадмия в биосредах у детей в ответ на увеличение содержания этих токсикантов в объектах окружающей среды – питьевой воде, атмосферном воздухе и почве. Концентрация свинца в воде $\leq 0,00017$ мг/л была статистически связана с минимальным содержанием свинца в крови в пределах $1,927 \pm 0,039$ мкг/дл; $\leq 0,00014$ мг/л – соответственно его содержание в крови в пределах $0,001 \pm 0,102$ мкг/дл; концентрация мышьяка в воздухе $\leq 0,000002$ мг/м³ – обусловила его содержание в крови в пределах $0,210 \pm 0,060$ мкг/дл; в воде $\leq 0,0001$ мг/л – соответственно его наличие в моче в концентрации $0,011 \pm 0,045$ мкг/дл. Концентрация кадмия в почве $\leq 1,33$ мг/кг статистически связана с минимальным его содержанием в крови в пределах $0,012 \pm 0,049$ мкг/дл; кадмия в воде $\leq 0,00028$ мг/л – его содержание в моче $0,0002 \pm 0,041$ мкг/дл.

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о влиянии различных уровней содержания токсикантов с учетом техногенного загрязнения и естественного содержания их в компонентах среды обитания на состояние здоровья детей дошкольного возраста.



В схеме: группа № 2: (среднее – стандартное отклонение для данного металла) < уровень металла <= (среднее для данного металла); группа № 3: (среднее для данного металла) <= металла < (среднее + стандартное отклонение для данного металла)

In the scheme: group no. 2: (average – standard deviation for this metal) < metal level <= (average for this metal); group no. 3: (average for this metal) <= metal < (average + standard deviation for this metal)

Рис. 1. Схема и формулы моделей зависимости «внешняя среда – маркер экспозиции» с примером моделирования концентрация кадмия в воде – концентрация кадмия в моче

Fig. 1. Scheme and formulas of the «external environment – exposure marker» dependence model with an example of modeling the concentration of cadmium in water – the concentration of cadmium in the urine

Таблица 2. Результаты математического моделирования зависимостей «внешняя среда – маркер экспозиции»

Table 2. Mathematical modelling results of dependencies «external environment – an impact marker»

Pb в объектах среды/ Pb в крови, моче
Pb in environment objects / Pb in blood, urine

Загрязнитель/ среда/маркер	Концентрация		Загрязнитель/ среда/маркер	Концентрация		
	≤ 0,00017	> 0,00017		Pb в почве (мг/кг)	≤ 86,43	86,43–96,04
Pb в воде (мг/л)	≤ 0,00017	> 0,00017	Pb в крови (мкг/дл)	2,255 ± 0,014	2,976 ± 0,096	3,838 ± 0,043
Pb в крови (мкг/дл)	1,927 ± 0,039	2,676 ± 0,041	Pb в моче (мг/л)	0,001 ± 0,107	0,015 ± 0,145	0,072 ± 0,077

Загрязнитель/ среда/маркер	Концентрация		Загрязнитель/ среда/маркер	Концентрация		
	≤ 0,00014	0,00014–0,0002		> 0,0002	Pb в почве (мг/кг)	≤ 16,5
Pb в воде (мг/л)	≤ 0,00014	0,00014–0,0002	> 0,0002	Pb в моче (мг/л)	0,001 ± 0,748	0,072 ± 0,077
Pb в моче (мг/л)	0,001 ± 0,102	0,015 ± 0,145	0,002 ± 0,107	Pb в моче (мг/л)	0,001 ± 0,748	0,072 ± 0,077

As в объектах среды / As в крови, моче
As in environmental media/ As in blood, urine

Загрязнитель/ среда/маркер	Концентрация		Загрязнитель/ среда/маркер	Концентрация	
	≤ 0,000002	> 0,000002		As в воде (мг/л)	≤ 0,0006
As в атмосферном воздухе (мг/м³)	≤ 0,000002	> 0,000002	As в крови (мкг/дл)	0,215 ± 0,029	0,488 ± 0,037
As в крови (мкг/дл)	0,210 ± 0,060	0,438 ± 0,074	As в моче (мг/л)	0,011 ± 0,045	0,014 ± 0,068

Загрязнитель/ среда/маркер	Концентрация		
	As в воде (мг/л)	≤ 0,0001	0,0003 – 0,0007
As в моче (мг/л)	0,011 ± 0,045	0,014 ± 0,068	0,016 ± 0,088

Cd в объектах среды / Cd в крови, моче
Cd in environmental media/ Cd in blood, urine

Загрязнитель/ среда/маркер	Концентрация		Загрязнитель/ среда/маркер	Концентрация	
	≤ 0,000003	> 0,000003		Cd в почве (мг/кг)	≤ 1,33
Cd в атмосферном воздухе (мг/м³)	≤ 0,000003	> 0,000003	Cd в моче (мг/л)	0,012 ± 0,049	0,413 ± 0,059
Cd в крови (мкг/дл)	0,014 ± 0,041	0,434 ± 0,063	Cd в моче (мг/л)	0,012 ± 0,049	0,413 ± 0,059

Загрязнитель/ среда/маркер	Концентрация	
	Cd в воде (мг/л)	≤ 0,00028
Cd в моче (мг/л)	0,0002 ± 0,041	1,390 ± 0,144

Выводы:

1. Выполненные интегральные оценки химического загрязнения среды обитания приоритетными загрязнителями (свинец, кадмий и мышьяк) формируют неканцерогенные риски для здоровья населения и суммарные индексы опасности при комбинированном и комплексном воздействии превышают 1,0 в городах Екатеринбург, Каменск-Уральске, Кировградском, Асбестовском и Серовском ГО.

2. Установленные неканцерогенные риски для здоровья детей подтверждены данными социально-гигиенического мониторинга хронической заболеваемости в организованных коллективах и свидетельствуют о достоверно высоких уровнях по сравнению со среднеобластными показателями заболеваемости болезнями мочеполовых органов в Асбестовском городском округе; в городе Екатеринбурге – общей заболеваемости, заболеваемости болезнями эндокринной, нервной систем, психическими расстройствами, заболеваемости болезнями мочеполовой системы, органов дыхания; в городе Каменск-Уральске – заболеваемости болезнями мочеполовой системы, органов дыхания; Кировградском ГО – заболеваемости болезнями мочеполовой системы; в Серовском ГО и ГО Красноуральске – заболеваемости психическими расстройствами.

3. По данным математического моделирования «внешняя среда – маркер экспозиции» установлены наименьшие концентрации свинца, кадмия и мышьяка в крови и моче с учетом внешней экспозиции, а именно: содержание свинца в крови находится в пределах $1,927 \pm 0,039$ мкг/дл, в моче – в пределах $0,001 \pm 0,102$ мг/л; мышьяка: в крови – в пределах $0,210 \pm 0,060$ мкг/дл, в моче – в пределах $0,011 \pm 0,045$ мг/л; кадмия: в крови – в пределах $0,012 \pm 0,049$ мкг/дл, в моче – в пределах $0,0002 \pm 0,041$ мг/л.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гурвич В.Б., Кузьмин С.В., Ярушин С.В. и др. Система профилактических мероприятий по управлению риском для здоровья населения, подвергающегося влиянию химически загрязненной среды обитания (на примере Свердловской области) // Здоровье населения и среда обитания. 2013. № 9 (246). С. 6–10.
2. Зайцева Н.В., Устинова О.Ю. Медико-профилактические технологии для задач управления риском нарушений здоровья населения, ассоциированных с воздействием факторов среды обитания // Фундаментальные исследования. 2014. № 10–4. С. 665–670.
3. Кузьмин С.В., Привалова Л.И., Корнилков А.С. и др. Результаты многосредовой оценки риска для здоровья населения в промышленно развитых городах Свердловской области // Уральский медицинский журнал. 2012. № 10 (102). С. 12–14.
4. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Свердловской области в 2017 году: Государственный доклад [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.66.rosпотребнадзор.ru/303/-/asset_publisher/6cqU/content/gosudarstvennyi-doklad-o-sostoyanii-sanitarno-epidemiologicheskogo-blagopoluchiya-naseleniya-v-sverdlovskoi-oblasti-v-2017-godu?redirect=http%3A%2F%2Fwww.66.rosпотребнадзор.ru%2F303%3Fp_p_id%3D101_INSTANCE_6cqU%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_mode%3Dview%26p_p_col_id%3Dcolumn-1%26p_p_col_count%3D1 (дата обращения: 09.11.2018).

5. Онищенко Г.Г., Зайцева Н.В., Землянова М.А. Гигиеническая индикация последствий для здоровья при внешнесредовой экспозиции химических факторов // Под ред. Г.Г. Онищенко. Пермь: Книжный формат, 2011. 532 с.

REFERENCES

1. Gurvich V.B., Kuz'min S.V., Yarushin S.V. et al. Sistema profilakticheskikh meropriyatii po upravleniyu riskom dlya zdorov'ya naseleniya, podvergayushchegosya vliyaniyu khimicheskii zagryaznennoi sredy obitaniya (na primere Sverdlovskoi oblasti) [System of preventive measures to manage the risk to the health of the population exposed to a chemically polluted habitat (on the example of the Sverdlovsk Region)]. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*, 2013, no. 9 (246), pp. 6–10. (In Russ.)
2. Zaitseva N.V., Ustinova O.Yu. Mediko-profilakticheskie tekhnologii dlya zadach upravleniya riskom narushenii zdorov'ya naseleniya, assotsirovannykh s vozdeistviem faktorov sredy obitaniya [Medical and preventive technologies for the tasks of managing the risk of public health impairment associated with exposure to environmental factors]. *Fundamental'nye issledovaniya*, 2014, no. 10–4, pp. 665–670. (In Russ.)
3. Kuz'min S.V., Privalova L.I., Kornilkov A.S. et al. Rezultaty mnogosredovoi otsenki riska dlya zdorov'ya naseleniya v promyshlenno razvitykh gorodakh Sverdlovskoi oblasti [Results of multi-media public health risk assessment in industrialized cities of the Sverdlovsk Region]. *Ural'skii meditsinskii zhurnal*, 2012, no. 10 (102), pp. 12–14. (In Russ.)
4. O sostoyanii sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchiya naseleniya v Sverdlovskoi oblasti v 2017 godu: Gosudarstvennyi doklad [On the state of sanitary and epidemiological wellbeing of the population in the Sverdlovsk region in 2017: State report]. Available at: www.66.rosпотребнадзор.ru/303/-/asset_publisher/6cqU/content/gosudarstvennyi-doklad-o-sostoyanii-sanitarno-epidemiologicheskogo-blagopoluchiya-naseleniya-v-sverdlovskoi-oblasti-v-2017-godu?redirect=http%3A%2F%2Fwww.66.rosпотребнадзор.ru%2F303%3Fp_p_id%3D101_INSTANCE_6cqU%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_mode%3Dview%26p_p_col_id%3Dcolumn-1%26p_p_col_count%3D1 (accessed: 09.11.2018). (In Russ.)
5. Onishchenko G.G., Zaitseva N.V., Zemlyanova M.A. Gigenicheskaya indikatsiya posledstviy dlya zdorov'ya pri vneshnesredovoi ekspozitsii khimicheskikh faktorov [Hygienic indication of health effects in case of environmental exposure of chemical factors]. In G.G. Onishchenko ed. Perm: Knizhnyi format Publ., 2011, 532 p. (In Russ.)

Контактная информация:

Кадникова Екатерина Петровна, врач отдела социально-гигиенического мониторинга ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Свердловской области»
e-mail: pazlikkatya@mail.ru

Contact information:

Kadnikova Ekaterina, Doctor at Department of Social and Hygienic Monitoring of Hygienic and Epidemiological Center in the Sverdlovsk Region
e-mail: pazlikkatya@mail.ru

