

ский С.А. Региональные аспекты морфометрии плода в зависимости от климатических факторов в условиях умеренного континентального климата: Вестник медицинского института "РЕАВИЗ": реабилитация, врач и здоровье. 2025; Т. 15, № 2: 25-31.

Iutinsky E.M., Zheleznov L.M., Dvoryansky S.A. Regional aspects of fetal morphometry depending on climatic factors in a temperate continental climate Bulletin of the Medical Institute "REAVIZ": rehabilitation, doctor and health. 2025. Vol. 15. No. 2: 25-31.

3. Физическое развитие детей и подростков Российской Федерации: сборник материалов / Российской акад. мед. наук, Федеральное гос. бюджетное учреждение "Науч. центр здоровья детей" РАМН, Союз педиатров России, Российское о-во развития шк. и унив. медицины и здоровья; под ред. А.А. Баранова, В.Р. Кучмы. Вып. 7. Москва: ПедиатрЪ, 2013, 2019; 173 с.

Physical development of children and adolescents of the Russian Federation: a collection of materials / Russian Academy of Medical Sciences, Federal State Budgetary Institution "Scientific Center for Children's Health" Russian Academy of Medical Sciences, Union of Pediatricians of Russia, Russian Society for the Development of the School. and univ. medicine and health; edited by A.A. Baranov, V.R. Kuchma. Issue 7. Moscow: Pediatrician, 2013, 2019. 173.

4. Шабалов Н.П. Неонатология: национальное руководство. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: ГЭОТАР-Медиа. 2023; 1056.

Shabalov N.P. Neonatology: a national guide. 2nd Ed., revised. and additional. M.: GEOTAR-Media. 2023; 1056.

5. Allen, J. A. (1877). The influence of physical factors in the distribution of the warm-blooded animals. *American Naturalist*, 11, 65–74.

6. Dhombres F, Massoud M. A pragmatic comparison of fetal biometry curves. *Gynecol Obstet Fertil Senol*. 2023 Nov-Dec;51(11-12):524-530. doi: 10.1016/j.gofs.2023.09.003. Epub 2023 Sep 20. PMID: 37739067.

7. Huang TM, Tsai CH, Hung FY, Huang MC. A novel reference chart and growth standard of fetal biometry in the Taiwanese population. *Taiwan J Obstet Gynecol*. 2022 Sep;61(5):794-799. doi: 10.1016/j.tjog.2022.06.003. PMID: 36088046.

8. Ruiz-Martinez S, Papageorghiou AT, Staines-Urias E, Villar J, Gonzalez De Agüero R, Oros D. Clinical impact of Doppler reference charts on management of small-for-gestational-age fetuses: need for standardization. *Ultrasound Obstet Gynecol*. 2020 Aug;56(2):166-172. doi: 10.1002/uog.20380. Epub 2020 Jun 30. PMID: 31237023.

9. Stampalija T, Thornton J, Marlow N, Napolitano R, Bhide A, Pickles T, Bilardo CM, Gordijn

SJ, Gyselaers W, Valensise H, Hecher K, Sande RK, Lindgren P, Bergman E, Arabin B, Breeze AC, Wee L, Ganzevoort W, Richter J, Berger A, Brodzski J, Derks J, Mecacci F, Maruotti GM, Mykkestad K, Lobmaier SM, Prefumo F, Klaritsch P, Calda P, Ebbing C, Frusca T, Raio L, Vissers GHA, Krofta L, Cetin I, Ferrazzi E, Cesari E, Wolf H, Lees CC; TRUFFLE-2 Group. Fetal cerebral Doppler changes and outcome in late preterm fetal growth restriction: prospective cohort study. *Ultrasound Obstet Gynecol*. 2020 Aug;56(2):173-181. doi: 10.1002/uog.22125. PMID: 32557921.

10. Venkatesh KK, Lynch CD, Powe CE, Costantine MM, Thung SF, Gabbe SG, Grobman WA, Landon MB. Risk of Adverse Pregnancy Outcomes Among Pregnant Individuals With Gestational Diabetes by Race and Ethnicity in the United States, 2014–2020. *JAMA*. 2022 Apr 12;327(14):1356–1367. doi: 10.1001/jama.2022.3189. PMID: 35412565; PMCID: PMC9006108

11. Zhao J, Yuan Y, Tao J, Chen C, Wu X, Liao Y, Wu L, Zeng Q, Chen Y, Wang K, Li X, Liu Z, Zhou J, Zhou Y, Li S, Zhu J. Which fetal growth charts should be used? A retrospective observational study in China. *Chin Med J (Engl)*. 2022 Aug 20;135(16):1969-1977. doi: 10.1097/CM9.0000000000002335. PMID: 36070466; PMCID: PMC9746732.

DOI 10.25789/YMJ.2025.91.24

УДК 614.3; 613.2

Г.Ф. Адиева, Т.К. Ларионова, Р.А. Даукаев,
Е.Е. Зеленковская, Г.Р. Аллаярова, Э.Н. Усманова,
Д.Э. Мусабилов

ГИГИЕНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РИСКОВ ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ ПРИ ПОТРЕБЛЕНИИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

Проведена комплексная оценка содержания тяжелых металлов в пищевых продуктах и связанных с ними рисков для здоровья населения г. Уфы. Исследование выявило специфические закономерности накопления токсичных элементов в различных группах продуктов: молочная продукция демонстрирует повышенные концентрации кадмия и никеля; мясные продукты – ртути; плодоовощная продукция – мышьяка. Выявлено превышение допустимого уровня неканцерогенного риска для мышьяка (HQ = 1,143), указывающее на потенциальную опасность для нервной и сердечно-сосудистой систем. Суммарный канцерогенный риск на допустимом уровне ($1,39 \times 10^{-5}$), с основным вкладом кадмия (52%) и мышьяка (43%).

ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека» Роспотребнадзора, 450106, г. Уфа, ул. Степана Кувыкина, д. 94: **АДИЕВА Гюзелия Фаритовна** – к.б.н., с.н.с., agyzelia@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2377-3471>, **ЛАРИОНОВА Татьяна Кенсариновна** – к.б.н., доцент, в.н.с., larionovatk@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9754-4685>, **ДАУКАЕВ Ру-стем Аскарлович** – к.б.н., зав. отделом, ufa.lab@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-0421-4802>, **ЗЕЛЕНКОВСКАЯ Евгения Евгеньевна** – м.н.с., ufa.lab@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7682-2703>, **АЛЛАЯРОВА Гузель Римовна** – к.б.н., с.н.с., ufa.lab@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0838-3598>, 8-903-354-92-89, **УСМА-НОВА Эльза Наилевна** – м.н.с., ufa.lab@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5455-6472>, **МУСАБИРОВ Дмитрий Эдуардович** – м.н.с., ufa.lab@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2042-8162>.

Полученные данные подчеркивают необходимость приоритетного контроля содержания мышьяка и кадмия в пищевых продуктах, разработки целевых профилактических мероприятий, оптимизации системы пищевого мониторинга.

Ключевые слова: тяжелые металлы, канцерогенный и неканцерогенный риск, пищевые продукты

In this work, an assessment of the health risk to the population of Ufa associated with chemical contamination of food products with heavy metals was carried out. The study revealed specific patterns of accumulation of toxic elements in different groups of products: dairy products demonstrate elevated concentrations of Pb, Cd and Ni; meat products – Hg; fruit and vegetable products – As. An excess of the permissible level of non-carcinogenic risk for arsenic (HQ = 1.143) was revealed, indicating a potential danger to the nervous and cardiovascular systems. The total carcinogenic risk is at an acceptable level (1.39×10^{-5}), with the main contribution of cadmium (52%) and arsenic (43%).

The data obtained emphasize the need for priority control of As and Cd content in food products, development of targeted preventive measures, and optimization of the food monitoring system.

Keywords: heavy metals, carcinogenic and non-carcinogenic risk, food products

Для цитирования: Адиева Г.Ф., Ларионова Т.К., Даукаев Р.А., Зеленковская Е.Е., Аллаярова Г.Р., Усманова Э.Н., Мусабилов Д.Э. Гигиенический анализ рисков для здоровья населения при потреблении пищевых продуктов, загрязненных тяжелыми металлами. Якутский медицинский журнал. 2025; 91(3): 109-113. <https://doi.org/10.25789/YMJ.2025.91.24>

Введение. В условиях нарастающего экологического кризиса загрязнение окружающей среды остается одной из ключевых глобальных проблем. Многочисленные исследования свидетельствуют, что большинство заболеваний человека обусловлены воздействием факторов окружающей среды, выступающих либо непосредственной причиной патологий, либо способствующим их развитию, при этом особую опасность представляет канцерогенный потенциал загрязняющих веществ [3, 6, 9]. Для крупных городов, в частности для Уфы - столицы Республики Башкортостан, с ее развитой нефтехимической промышленностью, подобные исследования остаются актуальными, требующими комплексного подхода с учетом местных экологических особенностей. В регионе отмечается устойчивый рост онкологической заболеваемости [10], одним из важнейших инструментов профилактики которой является оценка канцерогенных и неканцерогенных рисков с последующей разработкой мер по их минимизации.

Тяжелые металлы представляют собой группу химических загрязнителей, присутствующих в биосфере как вследствие естественных геохимических процессов, так и в результате антропогенного воздействия на окружающую среду [1, 16].

Основным путем экспозиции человека к тяжелым металлам является их поступление через пищевую цепь в результате потребления контаминированных продуктов. Загрязнение пищевых продуктов тяжелыми металлами представляет серьезную угрозу для здоровья населения. По данным ВОЗ, более 20% заболеваний, связанных с питанием, обусловлены воздействием токсичных элементов, включая свинец (Pb), кадмий (Cd), ртуть (Hg) и мышьяк (As) [12, 15].

Естественные концентрации тяжелых металлов определяются геохимическими особенностями территорий, тогда как антропогенная деятельность приводит к их миграции и накоплению в нетипичных для них экологических нишах [15]. Следует отметить двойственную биологическую роль металлов. Несмотря на участие тяжелых металлов в ключевых метаболических процессах, при избыточном накоплении в организме проявляют выраженные

токсические свойства, приводя к развитию патологических состояний [11]. Например, эссенциальный элемент медь, будучи незаменимым участником окислительно-восстановительных процессов, при превышении физиологических концентраций проявляет нейротоксическое, гепатотоксическое и нефротоксическое действие [5]. Цинк, являясь одним из основных для организма химических элементов, участвует в регуляции многих ферментных систем, синтезе белка и нуклеиновых кислот, но при избыточном поступлении в организм может спровоцировать нарушения со стороны ЖКТ, ослабление иммунитета, неврологические проблемы, дефицит меди и анемию [14]. В то же время такие элементы, как ртуть, свинец, кадмий, проявляют выраженную токсичность даже при минимальных концентрациях и не участвуют в физиологических процессах организма. Несмотря на то, что мышьяк в высоких дозах является сильнейшим ядом, некоторые исследования указывают на его потенциальную роль в метаболизме при минимальных концентрациях [7].

Цель работы: оценка риска здоровью населения г. Уфы, связанного с химическим загрязнением пищевых продуктов тяжелыми металлами.

Материалы и методы. Расчет рисков здоровью населения вследствие перорального поступления тяжелых металлов из пищевых продуктов проводили в соответствии с «Руководством по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих среду обитания» (Р 2.1.10.3968-23). Среднюю суточную дозу рассчитывали по формуле:

$$LADD = [C \times CR \times ED \times EF] / [BW \times AT \times 365], (1)$$

где LADD – средняя суточная доза, мг/(кг×день); C – концентрация вещества в загрязненной среде, мг/кг; CR – поступление пищевых продуктов, кг/день; ED – продолжительность воздействия, лет (ED=30 лет); EF – частота воздействия, дней/год (EF=365 дней в году); BW – масса тела человека, кг (BW=70 кг); AT – период осреднения экспозиции (для хронических неканцерогенных воздействий AT = 30 лет, для канцерогенных AT =70 лет); 365 – число дней в году.

Оценку индивидуального канцерогенного риска (CR) проводили по кадмию, мышьяку и свинцу посредством умножения значений среднесуточной пожизненной дозы, фактора наклона и коэффициента тяжести злокачественных новообразований. Коэффициент опасности (HQ) для неканцерогенных эффектов, представляющий собой соотношение расчетной дозы загрязняющего вещества к его безопасному уровню воздействия, определен для кадмия, мышьяка, ртути, никеля, цинка и меди. Для веществ со сходным механизмом токсичности рассчитаны индексы опасности (HI), количественно характеризующие комбинированное воздействие на критические органы-мишени.

Пищевые продукты, составляющие основу пищевого рациона населения г. Уфы, были разделены на следующие категории: мясо и мясные продукты, хлеб и хлебобулочные изделия, молоко и молочные продукты, овощи, картофель, яйца, рыба и рыбопродукты, фрукты, растительное масло и другие жиры, сахар и кондитерские изделия. Количественный анализ содержания элементов (Pb, Cd, As, Hg, Ni, Zn, Cu) выполняли в химико-аналитическом отделе Испытательного центра ФБУН «Уфимского НИИ медицины труда и экологии человека» (уникальный номер записи об аккредитации в реестре аккредитованных лиц РОСС RU.0001.510411) методом атомной абсорбции с пламенной и графитовой атомизацией на спектрофотометрах Varian AA моделей 240FS и 240Z (Австралия). Подготовка проб осуществлена с использованием микроволновой системы Speedwave Xpert (Германия). Всего было проанализировано 3250 проб пищевых продуктов.

Сбор данных о фактическом потреблении пищевых продуктов проводили с использованием метода пищевого дневника, где респонденты в течение 10 дней фиксировали весь рацион. Исследовательская выборка (n=286) формировалась из числа взрослых городских жителей, соответствующих следующим критериям: удовлетворительная самооценка здоровья, отсутствие хронической патологии, умеренное потребление алкоголя, отсутствие никотиновой зависимости и профессионального контакта с тяжелыми металлами.

Таблица 1

Содержание металлов в пищевых продуктах для расчета экспозиции, мг/кг

Группа пищевых продуктов	Свинец	Кадмий	Мышьяк	Ртуть	Медь	Цинк	Никель
Мясо и мясные продукты	0,124±0,093	0,04±0,03	0,0028±0,0006	0,0029±0,0003	1,34±0,27	18,44±3,96	0,07±0,02
Хлеб и хлебобулочные изделия	0,066±0,010	0,010±0,001	0,0051±0,0004	0,0004±0,0001	1,91±0,36	14,01±2,11	0,33±0,02
Молоко и молочные продукты	0,072±0,019	0,025±0,013	0,0010±0,0001	0,00004±0,00001	0,19±0,06	3,43±0,74	0,98±0,24
Овощи	0,013±0,009	0,022±0,002	0,0091±0,0010	0,0006±0,0002	1,13±0,15	4,07±1,49	0,97±0,19
Картофель	0,174±0,080	0,012±0,002	0,0089±0,0002	0,0006±0,0001	1,26±0,06	3,53±0,44	0,81±0,26
Яйца	0,091±0,030	0,007±0,002	0,0006±0,0004	0,0010±0,0007	0,38±0,03	8,48±1,36	0,12±0,06
Рыба и рыбопродукты	0,024±0,009	0,012±0,004	0,0090±0,0023	0,0044±0,0010	0,96±0,19	2,72±0,33	0,89±0,20
Фрукты	0,088±0,019	0,016±0,005	0,0069±0,0014	0,0024±0,0008	0,41±0,09	0,38±0,08	0,38±0,04
Растительное масло и другие жиры	0,075±0,015	0,014±0,005	0,0001±0,0001	0,0060 ±0,0020	0,07±0,03	0,45±0,12	0,39±0,10
Сахар и кондитерские изделия	0,102±0,024	0,007±0,002	0,0041±0,0007	0,0006±0,0001	1,55±0,19	4,09±0,76	0,15±0,06

Данные исследования были статистически проанализированы с использованием программного обеспечения Microsoft Excel 2016 и Statistica (версия 21.0). Обработка результатов исследования проводилась с использованием стандартных методов описательной статистики, в частности расчет средних значений со стандартными отклонениями.

Результаты и обсуждение. Оценка содержания элементов в основных группах пищевых продуктов показала преимущественное накопление никеля в молочных продуктах; мышьяка в плодоовощной продукции; свинца в картофеле и мясопродуктах, меди в хлебе и хлебобулочных изделиях, кадмия и цинка в мясе и мясных продуктах, ртути в рыбопродуктах (табл. 1).

Изучение среднелюдиного потребления пищевых продуктов населением г. Уфы показало высокий уровень потребления молока и молочных продуктов (31% от общего поступления в сутки), хлеба и хлебобулочных изделий (18%), мяса и мясопродуктов (12%), плодоовощной продукции (11 %) (табл. 2).

Распределение исследованных групп пищевых продуктов по уровню вклада в экспозицию металлами выявило, что максимальную дозовую нагрузку кадмием, свинцом, никелем и медью вносят молоко и молочные продукты (табл. 3). Аналогичные исследования выявили территории с повышенными уровнями экспозиции токсичными элементами. В частности, для отдельных районов Оренбургской и Саратовской областей также зарегистрированы максимальные значения вклада молока и молочной продукции в общую дозовую нагрузку свинцом и кадмием [4, 8]. По уровню экспозиции мышьяком приоритет-

ными продуктами выступают овощи, ртутью – мясо и мясопродукты. В структуре накопления цинком ведущее положение занимают хлеб и хлебобулочные изделия.

Количественная оценка неканцерогенного риска, проведенная методом расчета коэффициентов опасности

(НҚ), выявила, что для здоровья населения г. Уфы, подвергающегося пероральному воздействию тяжелых металлов с пищевыми продуктами, мышьяк (НҚ = 1,143) представляет наибольшую потенциальную опасность в сравнении с другими исследуемыми элементами (табл. 4).

Таблица 2

Среднелюдиное потребление пищевых продуктов жителями г. Уфы

Группа пищевых продуктов	Потребление пищевых продуктов, кг/сут
Мясо и мясные продукты	0,177
Хлеб и хлебобулочные изделия	0,280
Молоко и молочные продукты	0,485
Овощи	0,175
Картофель	0,126
Яйца	0,017
Рыба и рыбопродукты	0,035
Фрукты	0,155
Растительное масло и другие жиры	0,050
Сахар и кондитерские изделия	0,077

Таблица 3

Вклад основных пищевых продуктов в общий уровень экспозиции тяжелыми металлами, %

Группа пищевых продуктов	Химический элемент						
	Pb	Cd	As	Hg	Ni	Zn	Cu
Мясо и мясные продукты	17,26	22,4	7,77	29,38	1,17	30,67	1,17
Хлеб и хлебобулочные изделия	14,53	8,86	21,63	5,91	9,48	36,86	9,48
Молоко и молочные продукты	27,46	38,37	3,67	1,08	48,78	15,63	48,78
Овощи	1,79	12,18	23,86	6,44	17,45	6,69	17,45
Картофель	17,24	4,78	16,99	4,48	10,46	4,18	10,46
Яйца	1,22	0,38	0,15	1,01	0,21	1,35	0,21
Рыба и рыбопродукты	0,66	1,33	4,88	9,13	3,21	0,89	3,21
Фрукты	10,72	7,85	16,20	22,05	6,05	0,56	6,05
Растительное масло и другие жиры	2,95	2,14	0,007	17,78	2,00	0,21	2,00
Сахар и кондитерские изделия	6,17	1,71	4,78	2,74	1,19	2,96	1,19

Таблица 4

Оценка коэффициента опасности развития неканцерогенных эффектов на критические органы/системы

Химический элемент	Среднесуточная экспозиция, мг/кг	Безопасный уровень воздействия вещества, мг/кг	Коэффициент опасности	Критические органы и системы
Cd	$1,94 \cdot 10^{-5}$	0,0005	0,038	Почки
As	$4,04 \cdot 10^{-6}$	0,0000035	1,143	Развитие, сердечно-сосудистая система, нервная система, органы дыхания, кожа
Hg	$2,41 \cdot 10^{-6}$	0,00016	0,015	Нервная система, развитие, почки
Ni	0,0014	0,02	0,070	Системное
Zn	0,0152	0,3	0,051	Иммунная система, кровь
Cu	0,0021	0,04	0,052	ЖКТ

Таблица 5

Индивидуальные канцерогенные риски при пероральном поступлении тяжелых металлов

Тяжелый металл	Среднесуточная экспозиция, мг/(кг·день)	Фактор наклона (мг/кг·день) ⁻¹	Канцерогенный риск	Уровень канцерогенного риска
As	$4,04 \cdot 10^{-6}$	1,5	$6,00 \cdot 10^{-6}$	Допустимый
Pb	$7,79 \cdot 10^{-5}$	0,0085	$6,63 \cdot 10^{-7}$	Минимальный
Cd	$1,94 \cdot 10^{-5}$	0,38	$7,22 \cdot 10^{-6}$	Допустимый
Суммарный канцерогенный риск			$1,39 \cdot 10^{-5}$	Допустимый

Анализ риска здоровью населения по критическим органам и системам выявил, что наибольшему риску возникновения негативных эффектов подвергаются: нервная система и развитие человека (индекс опасности развития неканцерогенных эффектов $HI = 1,158$), сердечно-сосудистая система, органы дыхания, кожа ($HI = 1,143$). Этот уровень риска считается допустимым (приемлемым) и связан с поступлением мышьяка и ртути с пищевыми продуктами. Несмотря на допустимый уровень рисков, требуется постоянный мониторинг содержания этих элементов в пищевых продуктах из-за кумулятивного эффекта и латентности проявлений (симптомы могут возникнуть через 5-15 лет). Особое внимание должно уделяться охране здоровья беременных женщин и детей, поскольку воздействие токсикантов в этот критический период способно вызывать стойкие необратимые нарушения нейроразвития. Для иммунной системы, желудочно-кишечного тракта, почек и крови уровень риска минимальный ($HI = 0,051 - 0,070$).

Сравнительный анализ выявил высокую согласованность результатов с данными современных исследований по оценке рисков тяжелых металлов в промышленных регионах России. Выявлена доминирующая роль мышьяка как приоритетного загрязнителя в Оренбургской, Архангельской, Самарской областях [2, 4, 13]. Значения HQ для мышьяка (наши данные: 1,143; Оренбургская область: до 1,8; Архангельская область: 0,9–1,2; Самарская область: 1,9) указывают на превышение порога в промышленных зонах при единстве выводов о критических системах-мишенях (нервная, сердечно-сосудистая система, кожа, дыхание).

Индивидуальный канцерогенный риск, который подразумевает вероятность возникновения злокачественных опухолей в течение всей жизни человека, рассчитывали для следующих элементов: мышьяка, кадмия и свинца. Канцерогенный риск оценивали на основе данных о среднесуточном воздействии и факторов наклона (табл. 5). Фактор наклона (SF), также известный как фактор канцерогенной активности, является ключевым параметром, используемым для количественной оценки канцерогенного риска. Величину коэффициента тяжести приняли равным 1.

Допустимый уровень канцерогенного риска формируется за счет содержания кадмия и мышьяка в пищевых

продуктах, что согласуется с результатами испытаний, проведенными в Самарской, Саратовской областях [2, 8]. Минимальный риск зафиксирован от поступления свинца. Общий уровень риска от всех исследованных металлов считается допустимым (приемлемым) для населения.

Заключение. Таким образом, оценка потенциального вреда здоровью населения г. Уфы выявила наличие как неканцерогенных, так и канцерогенных рисков, связанных с потреблением пищевых продуктов. Выявлен приоритетный неканцерогенный риск от мышьяка ($HQ=1,143$), хроническое воздействие которого связано с поражением нервной, сердечно-сосудистой систем и патологией кожи ($HI=1,143-1,158$). Установлен допустимый (приемлемый) суммарный канцерогенный риск ($\Sigma CR=1,39 \cdot 10^{-5}$) с доминированием кадмия (52%) и мышьяка (43%).

Полученные данные подчеркивают необходимость разработки дифференцированного подхода к контролю качества пищевой продукции с уче-

том специфики накопления тяжелых металлов в различных пищевых продуктах, среднелюдиного потребления, особенностей токсикологического воздействия отдельных элементов.

Результаты исследования создают основу для совершенствования системы мониторинга пищевой безопасности и разработки профилактических мероприятий, направленных на снижение рисков для здоровья населения промышленных городов. Особое значение имеет учет региональных особенностей, как в структуре питания, так и в характере загрязнения пищевых продуктов.

В перспективе также планируется исследование риска для здоровья детского населения города при пероральном поступлении тяжелых металлов с пищевыми продуктами, изучение сезонной динамики контаминации пищевых продуктов, проведение биомониторинга населения для выявления накопления тяжелых металлов в организме человека.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература

1. Авдошенко В.Г., Климова А.В. Тяжелые металлы в почве и растениях города Петропавловска-Камчатского (Камчатский край): монография // Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2021. 127 с.
Avdoshchenko V. G., Klimova A. V. Heavy metals in the soil and plants of the city of Petropavlovsk-Kamchatsky (Kamchatka Krai): monograph // Petropavlovsk-Kamchatsky: Kam-chatSTU. 2021. 127 p.
2. Анализ риска здоровью трудоспособного населения, обусловленного загрязнением пищевых продуктов (опыт Самарской области) / Д.О. Горбачев, О.В. Сазонова, Л.М. Бородин [и др.] // Анализ риска здоровью. 2019. № 3. С. 42–49. doi: 10.21668/health.risk/2019.3.05
Analysis of the health risk of the working-age population caused by contamination of food products (experience of the Samara region) / Gorbachev D.O., Sazonova O.V., Borodina L.M. [et al.] // Health risk analysis. 2019. No. 3. P. 42–49. doi: 10.21668/health.risk/2019.3.05
3. Гигиеническая оценка канцерогенного риска здоровью населения, ассоциированного с загрязнением деponирующих сред тяжелыми металлами / В.М. Боев, Л.В. Зеленина, Л.Х. Кудусова [и др.] // Анализ риска здоровью. 2022. №1. С. 17-26. doi: 10.21668/health.risk/2022.1.02
Hygienic assessment of carcinogenic risk to public health associated with contamination of depositing environments with heavy metals / Boev V.M., Zelenina L.V., Kudusova L.Kh. [et al.] // Health risk analysis. 2022. No. 1. P. 17-26. doi: 10.21668/health.risk/2022.1.02
4. Гигиеническая оценка риска здоровью населения при комбинированном пероральном поступлении тяжелых металлов / В.М. Боев, Е.А. Кряжева, Д.Н. Бегун [и др.] // Анализ риска здоровью. 2019. № 2. С. 35–43. doi: 10.21668/health.risk/2019.2.04
Hygienic assessment of the risk to public health with combined oral intake of heavy metals / Boev V.M., Kryazheva E.A., Begoun D.N. [et al.] // Health risk analysis. 2019. No. 2. P. 35–43. doi: 10.21668/health.risk/2019.2.04
5. Демиденко Г.А. Безопасность муки разных сортов и готовой продукции хлеба // Вестник КрасГАУ. 2022. №8(185). С. 234-240. doi: 10.36718/1819-4036-2022-5-234-240
Demidenko G. A. Safety of different grades of flour and finished bread products // Vest-nik KrasSAU. 2022. No. 8 (185). P. 234-240. doi: 10.36718/1819-4036-2022-5-234-240
6. Левшук О.Н., Мыслива Т.Н., Мкртчян А.П. Канцерогенный и неканцерогенный риск для населения от потребления картофеля, выращиваемого пределах агроселитебных ландшафтов г. Горки // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. №1. С. 184-190.
Levshuk O. N., Mysliiva T. N., Mkrtychyan A. P. Carcinogenic and non-carcinogenic risk to the population from the consumption of potatoes grown within the agro-residential landscapes of the city of Gorki // Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy. 2022. No. 1. P. 184-190.
7. Пац Н.В., Ильичик Н.С. Профилактика рисков нарушения здоровья при пищевом поступлении никеля в организм человека // Современные проблемы гигиены, радиационной и экологической медицины. 2022. Т. 12. С. 229-240.
Pats N.V., Ilyuchik N.S. Prevention of health risks associated with food intake of nickel into the human body // Modern problems of hygiene, radiation and environmental medicine. 2022. Vol. 12. P. 229-240.
8. Потенциальный риск для здоровья сельского населения, связанный с потреблением местных продуктов питания, содержащих остаточные количества тяжелых металлов / Чехомов С.Ю., Елисеева Ю.В., Пичугина Н.Н. [и др.] // Саратовский научно-медицинский журнал. 2020. 16 (4). С. 934–939
Potential health risk to the rural population associated with the consumption of local food products containing residual amounts of heavy metals / Chekhomov S. Yu., Eliseeva Yu. V., Pichugina N. N. [et al.] // Saratov Scientific Medical Journal. 2020. 16 (4). P. 934–939
9. Сабирова К.М., Кислицына Л.В., Кики П.Ф. Оценка риска для здоровья населения от воздействия мышьяка // Здоровье населения и среда обитания. 2017. №9 (294). С. 44-48.
Sabirova K.M., Kislitsyna L.V., Kiku P.F. Assessment of the risk to public health from exposure to arsenic // Population health and habitat. 2017. No. 9 (294). P. 44-48.
10. Салигаскаров И.И., Валеев Т.К., Сулейманов Р.А. Анализ онкологической заболеваемости населения Республики Башкортостан // Медицина труда и экология человека. 2025. № 1. С. 88-95. doi: http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2025-10107.
Saligaskarov I.I., Valeev T.K., Suleymanov R.A. Analysis of cancer incidence in the population of the Republic of Bashkortostan // Occupational medicine and human ecology. 2025. No. 1. P. 88-95. doi: http://dx.doi.org/10.24412/2411-3794-2025-10107.
11. Скворцова Т.А. Содержание тяжелых металлов в плодах *Rosa majalis* Herrm., произрастающего в парковых зонах города Оренбурга // Вестник ОГУ. 2017. №8 (208). С. 80-83.
Skvortsova T.A. Content of heavy metals in the fruits of *Rosa majalis* Herrm., growing in park areas of the city of Orenburg // Bulletin of OSU. 2017. No. 8 (208). P. 80-83.
12. Тяжелые металлы и их влияние на здоровье человека / Д.Т. Исакова, Н.Р. Хафизова, С.Д. Аронбаев [и др.] // В мире науки и образования. 2024. №15. С. 3-8.
Heavy metals and their impact on human health / Isakova D. T., Khafizova N. R., Aronbaev S. D. [et al.] // In The World Of Science and Education. 2024. No. 15. P. 3-8.
13. Химическое загрязнение продуктов питания и его влияние на здоровье населения Архангельской области / А.В. Лыжина, Р.В. Бузинов, Т.Н. Унгуряну [и др.] // Экология человека. 2012. №12. С. 3-9
Chemical contamination of food products and its impact on the health of the population of the Arkhangelsk region / Lyzhina A.V., Buzinov R.V., Unguryanu T.N. [et al.] // Human Ecology. 2012. No. 12. P. 3-9
14. Шейбак В. М. Биологическое значение и регуляция гомеостаза цинка у млекопитающих // Проблемы здоровья и экологии. 2016. №4 (50). С. 11-16.
Sheybak V. M. Biological significance and regulation of zinc homeostasis in mammals // Problems of health and ecology. 2016. No. 4 (50). P. 11-16.
15. Collado-López S., L. Betanzos-Robledo, M. María Téllez-Rojo, et al. Heavy metals in unprocessed or minimally processed foods consumed by humans worldwide: a scoping review. International journal of environmental research and public health. Vol. 19, No. 14. P. 8651. doi:10.3390/ijerph19148651
Kafouris D., Christopher E., Stephanie D., et al. Lead, cadmium and mercury determination and human health risk assessment in foods from Cyprus. Journal of Food Composition and Analysis. 2024. Vol. 128. P. 106007. https://doi.org/10.1016/j.jfca.106007