



Научная статья

## РИСКИ ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ, ОБУСЛОВЛЕННЫЕ КОНТАМИНАЦИЕЙ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ МЕСТНОГО ПРОИЗВОДСТВА

**А.С. Фазлыева, Р.А. Даукаев, Д.О. Каримов,  
С.Р. Афонькина, Г.Р. Аллаярова, Э.А. Аухадиева**

Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека, Россия, 450106,  
г. Уфа, ул. С. Кувыкина, 94

*Безопасность пищевых продуктов вызывает серьезную озабоченность во всем мире по причине загрязнения токсичными металлами и связанными с ними рисков для здоровья. Овощи, крупяные и хлебобулочные изделия составляют большую часть здорового рациона человека как жизненно важные источники питательных веществ, минералов и клетчатки. Длительное поступление металлов с пищевыми продуктами способствует их накоплению в организме человека.*

*Оценены риски для здоровья взрослого и детского населения при алиментарном поступлении химических элементов с местными пищевыми продуктами. Исследование проводилось в Республике Башкортостан, традиционно являющейся территорией с развитым аграрным и промышленным комплексом. Всего было отобрано и проанализировано 524 образца растительного происхождения на содержание свинца, кадмия, меди, цинка, железа, никеля и алюминия с помощью атомно-абсорбционного анализа. Пробы представлены хлебобулочными, крупяными изделиями, реализуемыми в республике, и овощной продукцией из личных подсобных хозяйств жителей.*

*Представлены результаты гигиенической оценки содержания эссенциальных и токсичных элементов в продуктах питания местного производства. На основании данных о среднедушевом потреблении пищевых продуктов установлены особенности поступления контаминантов с местными пищевыми продуктами. Определен вклад двух групп традиционных продуктов массового потребления в общее значение экспозиции на здоровье населения, проживающего в различных районах республики. В ходе исследования установлено, что суммарный коэффициент опасности неканцерогенных эффектов превысил пороговое значение и составил 3,43 для детей и 1,54 для взрослых. Наибольший вклад в суммарный коэффициент опасности вносят медь (45 %), кадмий (30 %). Оценка канцерогенных рисков, обусловленных поступлением контаминантов с пищевыми продуктами, показала, что суммарный уровень риска здоровью по медиане соответствует зоне допустимого риска.*

**Ключевые слова:** оценка риска, металлы, безопасность, качество, питание, овощи, крупяные изделия, хлебо-булочные изделия.

Исследования в области нутрициологии показали, что питание оказывает значимое влияние на здоровье и качество жизни человека, обеспечивая организм всеми необходимыми питательными веществами. Именно пища дает достаточно энергии для синтеза гормонов, ферментов, витаминов и восстановления клеток и тканей [1]. От количества и качества пищи зависит здоровье конкретного человека и нации в целом. Безопасность пищевых

продуктов является одним из ключевых направлений в охране здоровья людей [2–4].

Общепризнанными контаминантами пищевых продуктов в глобальном и региональном масштабе остаются тяжелые металлы [5]. Данная группа химических элементов характеризуется высокой распространенностью и миграционной способностью в объектах внешней среды, некоторые из них (кадмий, свинец) представляют опасность с точки зрения их

© Фазлыева А.С., Даукаев Р.А., Каримов Д.О., Афонькина С.Р., Аллаярова Г.Р., Аухадиева Э.А., 2022

**Фазлыева Анна Сергеевна** – младший научный сотрудник химико-аналитического отдела (e-mail: nytik-21@yandex.ru; тел.: 8 (927) 944-22-77; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0037-6791>).

**Даукаев Рустем Аскарлович** – кандидат биологических наук, заведующий химико-аналитическим отделом (e-mail: ufa.lab@yandex.ru; тел.: 8 (347) 255-19-12; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0421-4802>).

**Каримов Денис Олегович** – кандидат медицинских наук, заведующий отделом токсикологии и генетики с экспериментальной клиникой лабораторных животных (e-mail: karimovdo@gmail.com; тел.: 8 (347) 944-22-77; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0039-6757>).

**Афонькина Светлана Разифовна** – кандидат химических наук, старший научный сотрудник химико-аналитического отдела (e-mail: ufa.lab@yandex.ru; тел.: 8 (347) 255-19-12; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0445-9057>).

**Аллаярова Гузель Римовна** – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник химико-аналитического отдела (e-mail: ufa.lab@yandex.ru; тел.: 8 (347) 255-19-12; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0838-3598>).

**Аухадиева Эльвира Ахатовна** – младший научный сотрудник химико-аналитического отдела (e-mail: ufa.lab@yandex.ru; тел.: 8 (347) 255-19-12; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6793-6992>).

биологической активности и токсических свойств. Длительное поступление даже небольших доз этих элементов может привести к развитию нарушений деятельности сердечно-сосудистой, нервной, иммунной систем, функций почек, печени, развитию онкологических заболеваний. Отдельные элементы, такие как железо, медь, хром, цинк, играют важную роль в поддержании нормальной функции организма и действуют как питательные микроэлементы, в то же время их чрезмерное поступление может повлиять на метаболизм [6].

В ряде научных работ показано, что традиционные продукты массового потребления (зерновые и хлебобулочные изделия, молочные продукты, овощи, картофель) вносят наиболее значительный вклад в риски для здоровья, обусловленные содержанием в них токсичных элементов [7–9]. В продуктах растительного происхождения химические элементы находятся в ионной форме или связаны с растительным белком и пектином. На их содержание оказывают влияние природные факторы почвенного или геологического характера, а также антропогенные факторы, такие как использование удобрений, промышленное загрязнение и автотранспорт. Уменьшить концентрацию токсичных микроэлементов в пищевых продуктах без изменения их питательной ценности сложно, так как белковые комплексы металлов являются устойчивыми соединениями, в связи с чем предотвращение загрязнения пищевой продукции имеет принципиально важное значение [10, 11].

Основное внимание исследователей уделяется проблемам рассеивания химических элементов в местах добычи полезных ископаемых или загрязнения тяжелыми металлами почв сельскохозяйственных полей [12, 13]. При этом недостаточно изученными являются вопросы нагрузки на здоровье населения, обусловленные контаминацией сельскохозяйственной продукции местного производства, особенно из личных подсобных хозяйств, которая зачастую не охватывается исследованиями по показателям безопасности. Этот аспект проблемы является важным в связи с увеличением за последние годы объемов потребления овощей, бахчевых культур жителями Российской Федерации [14], отсутствием нормативов по допустимому содержанию в пищевых продуктах химических элементов, являющихся в ряде регионов приоритетными загрязнителями, и несовершенством системы мониторинга безопасности и качества продукции.

Вышеизложенное обусловило значимость проведения исследований на территории Республики Башкортостан – ведущем индустриальном и сельскохозяйственном регионе Российской Федерации. Особенностью республики является то, что в зоне

развитого земледелия размещены предприятия нефтеперерабатывающей, химической, горнорудной и металлургической промышленности, дополнительный вклад в техногенные потоки рассеивания элементов вносит химизация сельского хозяйства.

**Цель исследования** – оценить риски для здоровья взрослого и детского населения при алиментарном поступлении контаминантов с местными пищевыми продуктами Республики Башкортостан.

**Материалы и методы.** С целью оценки микронутриентного состава пищевых продуктов определено содержание семи химических элементов в хлебобулочных и крупяных изделиях (зерномучная продукция) ( $N = 228$ ), реализуемых на территории Республики Башкортостан, и в растениеводческой продукции ( $N = 296$ ) из личных подсобных хозяйств жителей региона. Содержание элементов определяли атомно-абсорбционным методом с пламенной и электротермической атомизацией на приборах Varian SpectrAA моделей 240FS и 240Z (Австралия).

Растительные образцы были представлены картофелем, морковью и свеклой столовой, выращиваемыми в открытом грунте и являющимися лучшими индикаторами загрязнения, чем, например, тепличные растения. Отбор проб корнеплодов осуществляли непосредственно в местах их произрастания. Для получения объединенной пробы отбиралось не менее 8–10 точечных проб продукции растениеводства из разных мест земельного участка. Выбор территорий исследования осуществлен с учетом специфики экономической деятельности: западная часть республики с месторождениями нефти и газа (пять районов), юго-восточная часть – с рудными полезными ископаемыми и предприятиями черной и цветной металлургии (четыре района), центральная часть – с индустриально-аграрным сектором (пять районов), северная часть – с низким уровнем индустриализации (четыре района).

Для расчета суточной алиментарной нагрузки использовали данные Федеральной службы государственной статистики о среднелюдовом годовом потреблении основных групп пищевых продуктов за 2021 г., а также анкетные данные фактического питания детей 7–11 лет методом 24-часового (суточного) воспроизведения рациона.

Расчет рисков от загрязнителей, поступающих алиментарным путем, и оценку влияния рассчитанной экспозиции химическими контаминантами пищевых продуктов на здоровье населения осуществляли в соответствии с «Руководством по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду» (Р 2.1.10.1920-04)<sup>1</sup>. Риск развития неканцеро-

<sup>1</sup> Р 2.1.10.1920-04. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду / утв. и введ. в действие Первым заместителем Министра здравоохранения Российской Федерации, Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации Г.Г. Онищенко 5 марта 2004 г. [Электронный ресурс] // КОДЕКС: электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200037399> (дата обращения: 12.06.2022).

генных эффектов оценивался через расчет коэффициентов опасности ( $HQ$ ) и индексов опасности ( $HI$ ), риск развития канцерогенных эффектов включал расчет индивидуальных канцерогенных ( $CR$ ) рисков. Расчет  $HQ$  проводился с учетом медианной дозы.

Статистическую обработку полученных результатов проводили с помощью программы SPSS Statistics 21.0. В качестве критерия нормальности распределения признаков в изучаемых группах использовали критерий Колмогорова – Смирнова. Для оценки значимости различий между группами использовали непараметрические критерии Краскела – Уоллиса для трех и более групп и Манна – Уитни – для двух. Данные представлены как медиана с 25-м и 75-м перцентилими. Различия считали статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

**Результаты и их обсуждение.** К токсичным элементам, содержание которых подлежит гигиеническому контролю в продовольственном сырье, пищевых продуктах, относятся: свинец, ртуть, кадмий, мышьяк. Перечисленные тяжелые металлы являются одними из распространенных контаминантов пищевых продуктов и продовольственного сырья, неблагоприятно влияющих на здоровье человека [15]. Не менее важным, чем безопасность продуктов питания, представляется их пищевая ценность, в частности содержание других микроэлементов, поскольку

избыточное поступление эссенциальных и условно-эссенциальных элементов также может приводить к существенным изменениям здоровья и адаптивных возможностей человека [16, 17].

Содержание химических элементов в овощных культурах, крупяных и хлебобулочных изделиях представлено на рис. 1.

Сравнительный анализ по критерию Краскела – Уоллиса показал наличие статистически значимых различий между группами овощей по содержанию кадмия ( $H = 12,1; p = 0,002$ ), железа ( $H = 16,8; p = 0,0001$ ), цинка ( $H = 61,1; p = 0,0001$ ), меди ( $H = 86,9; p = 0,0001$ ) и алюминия ( $H = 16,8; p = 0,0001$ ).

Концентрации меди ( $Me = 0,84$  мг/кг (0,64; 1,1)), цинка ( $Me = 3,3$  мг/кг (2,6; 4,5)), кадмия ( $Me = 0,016$  мг/кг (0,008; 0,028)) были самыми высокими в свекле столовой; железа – в картофеле ( $Me = 4,3$  мг/кг (3,2; 5,0)), алюминия – в моркови ( $Me = 0,51$  мг/кг (0,28; 0,97)). Содержание никеля и свинца в корнеплодах было статистически не различимо ( $p > 0,05$ ). Медиана содержания свинца и кадмия в овощной продукции не превышала максимально допустимые уровни. В то же время в единичных пробах обнаружено содержание кадмия выше гигиенических норм. Наибольшие уровни контаминации кадмием были в свекле столовой (0,16 мг/кг при допустимом уровне 0,03 мг/кг).

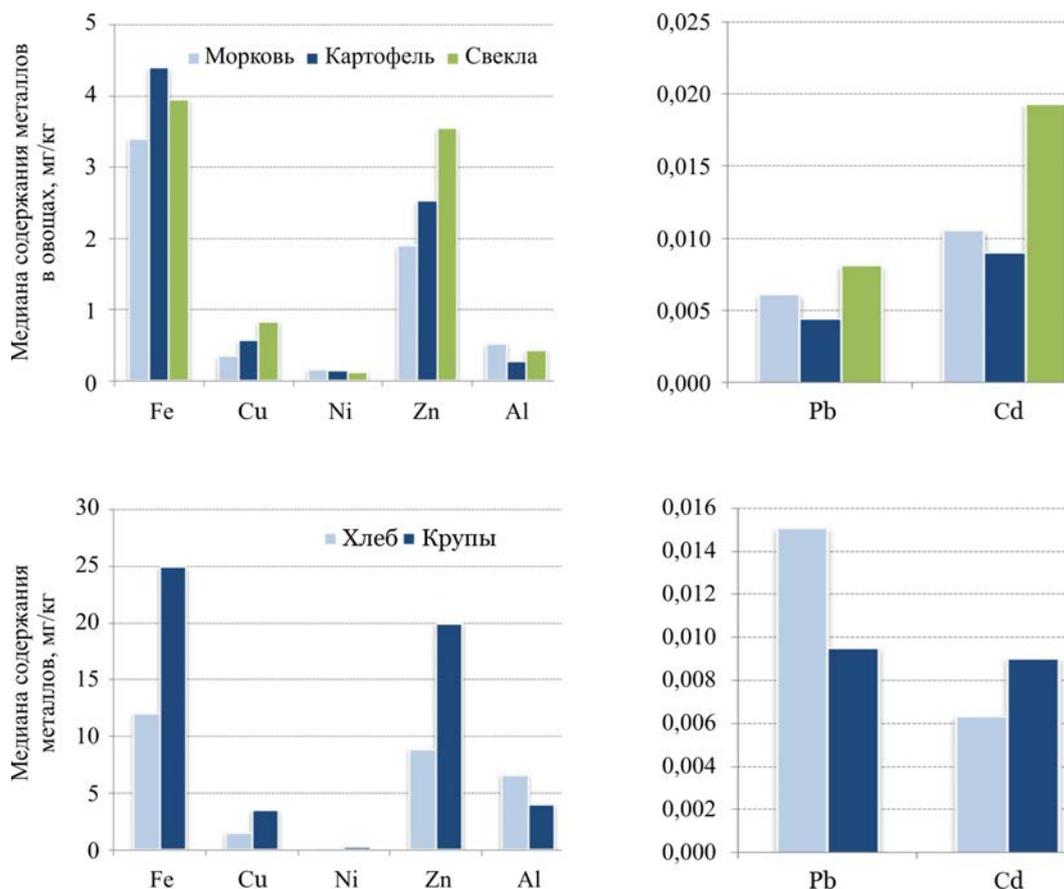


Рис. 1. Содержание микроэлементов в пищевых продуктах

Статистический анализ двух независимых групп продуктов (крупяных и хлебобулочных изделий) с помощью критерия Манна – Уитни показал значимые различия по содержанию меди ( $U = 179$ ;  $p = 0,0001$ ), цинка ( $U = 271$ ;  $p = 0,002$ ), никеля ( $U = 247$ ;  $p = 0,002$ ), кадмия ( $U = 4361$ ;  $p = 0,018$ ) и свинца ( $U = 7074$ ;  $p = 0,0001$ ). Содержание алюминия и железа статистически значимо не различалось ( $p > 0,05$ ). Так, больше всего цинка содержалось в цельнозерновых овсяных хлопьях (34 мг/кг), а меди – в гречневой крупе (5,7 мг/кг). Медиана содержания свинца и кадмия не превышала максимально допустимые уровни, больше всего свинца содержалось в хлебобулочных изделиях ( $Me = 0,015$  мг/кг (0,006; 0,029)), а кадмия – в крупяных ( $Me = 0,009$  мг/кг (0,005; 0,013)).

Анализ степени загрязненности химическими элементами проб овощей из разных районов республики позволил выявить специфику каждого района. При этом различия носили достоверный характер. Статистически значимые различия между районами установлены по содержанию железа ( $H = 24,0$ ;  $p = 0,0001$ ), меди ( $H = 15,7$ ;  $p = 0,001$ ), цинка ( $H = 12,8$ ;  $p = 0,005$ ), алюминия ( $H = 26,7$ ;  $p = 0,0001$ ), кадмия ( $H = 31,2$ ;  $p = 0,0001$ ) и свинца ( $H = 99,9$ ;  $p = 0,0001$ ). Результаты представлены на рис. 2.

Наибольшая концентрация меди ( $Me = 1,00$  мг/кг (0,47; 1,3)) и цинка ( $Me = 3,5$  мг/кг (2,3; 4,2)) обнаружена в овощах из юго-восточной части республики, что связано с расположением на этой территории горнодобывающих предприятий. Наименее загрязнены свинцом овощи из западной части республики. Наибольшие уровни кадмия по медианам установлены в овощах из центральной части республики (до 4 ПДК). Доля проб с превышением уровня ПДК также была выше в центральной части и составила 29 %. В других районах этот процент составлял менее 10, а доли медиан от ПДК варьировались от 1,1 до 3.

Таким образом, содержание металлов различалось в зависимости от вида овощей из-за их разной абсорбционной способности, а также из-за региональной степени загрязнения почвы и атмосферы.

Полученные в процессе исследования данные о содержании элементов в зерномучной продукции и овощных культурах были использованы для расчета экспозиции контаминантами детского и взрослого населения (табл. 1).

Суточная доза поступления металла зависит как от его уровня в пищевых продуктах, так и от потребляемого количества. Ежедневное потребление овощей, в том числе картофеля, в Республике Башкортостан составляет в среднем 400 г на человека, а крупяных и хлебобулочных изделий – около 300 г.<sup>2</sup> Министерством здравоохранения Российской Федерации рекомендовано около 340 г овощей на человека в день и 260 г зерномучной продукции. На основе результатов анкетного опроса [18] установлено, что ежедневное потребление овощей у детей в возрасте 7–11 лет составляет около 150 г, а крупяных и хлебобулочных изделий – около 380 г. Ежедневное потребление овощей было ниже рекомендованного, а зерномучная продукция в рационе превышала рекомендованные нормы в 1,5 раза.

Значение медианной экспозиции меди и цинка в организм взрослых значительно ниже значений переносимой суточной дозы (500 и 1000 мкг/кг массы тела в день для меди, цинка соответственно). Для детского населения поступление этих металлов было выше и соответствовало 6 % допустимой суточной дозы меди и 18,2 % допустимой суточной дозы цинка.

Расчетное суточное потребление железа составляет 12,4 % для взрослых и 30 % для детей от значения переносимой суточной дозы (0,8 мг/кг массы тела в день). По сравнению с овощными культурами, с хлебом и злаками поступало большее количество железа.

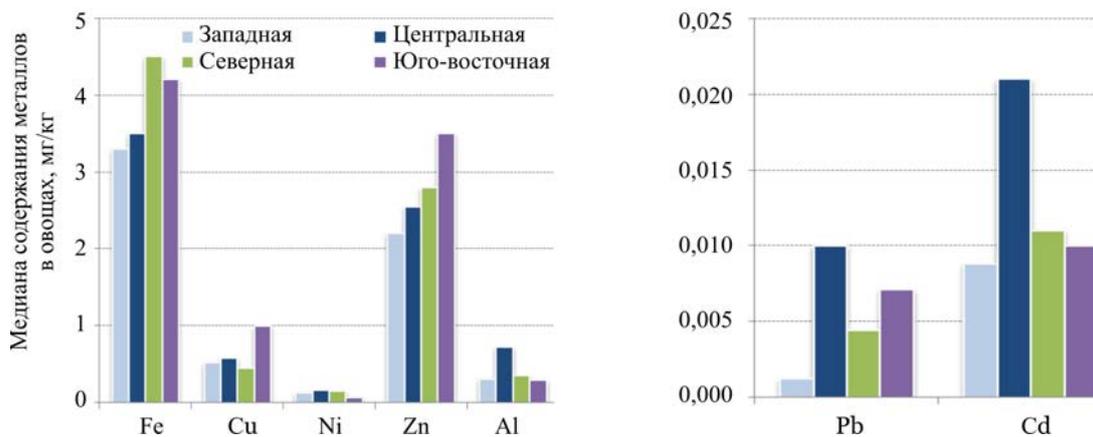


Рис. 2. Содержание микроэлементов в овощах, произведенных в районах Республики Башкортостан с различной экономической специализацией

<sup>2</sup> Потребление продуктов питания в домашних хозяйствах в 2020 году по итогам выборочного обследования бюджетов домашних хозяйств. – М.: Федеральная служба государственной статистики, 2021. – 83 с.

Таблица 1

Медианные значения поступления микроэлементов с пищевыми продуктами, мкг/кг массы тела в день

Микроэлемент	Взрослое население			Детское население		
	Овощи	Зерномучная продукция	$\Sigma$	Овощи	Зерномучная продукция	$\Sigma$
Свинец	0,032	0,053	0,085	0,029	0,15	0,18
Кадмий	0,072	0,033	0,11	0,065	0,093	0,16
Железо	22	77	99	20	219	239
Медь	3,6	9,5	6,9	3,3	27	30
Никель	0,70	0,99	1,7	0,63	2,6	3,2
Цинк	16	59	75	14	168	182
Алюминий	2,4	21	23	2,2	57	59

Медианы поступления никеля с исследованными пищевыми продуктами составили 8,5 и 16 % от значения переносимой суточной дозы (0,02 мкг/кг массы тела в день) для взрослых и детей соответственно. Установлено, что никель, содержащийся в хлебе и крупах, вносит больший по сравнению с овощными культурами вклад в суммарную суточную нагрузку для детского населения, разница между поступлением никеля с данными группами продуктов для взрослого населения была минимальна.

Суточная доза для алюминия составила 1,6 мг для взрослого и 1,8 мг для детского населения, что значительно ниже, чем переносимый предел еженедельного потребления, значение которого составляет 7 мг/кг массы тела, что соответствует 70 мг в сутки для взрослых и 30 мг для детей. Наибольший вклад в поступление алюминия вносила зерномучная продукция.

Переносимый предел еженедельного перорального поступления свинца, рекомендованный ФАО/ВОЗ для взрослых, составляет 3,6 мкг/кг в сутки. Принимая во внимание среднюю массу тела – 70 кг для взрослых и 30 кг для детей, – получим, что в регионах допустимая суточная доза свинца составит 250 и 107 мкг соответственно. Согласно нашим расчетам, медиана поступления свинца в организм детского населения максимальна при потреблении зерномучной продукции и составляет 0,18 мкг, что намного ниже допустимого предела.

Общая суточная норма поступления кадмия соответствует 11 и 16 % допустимой суточной дозы кадмия (1 мкг/масса тела в день) для взрослых и детей соответственно. Учитывая, что кадмий является токсичным металлом, потенциальным канцерогеном

для человека, имеющим длительный период полураспада, следует тщательно следить за его поступлением из других пищевых продуктов и питьевой воды.

Для определения потенциального риска развития неканцерогенных эффектов для здоровья населения от воздействия металлов были рассчитаны коэффициенты опасности каждого элемента ( $HQ$ ), в том числе при поступлении с разными пищевыми продуктами (табл. 2).

Результаты показали, что суммарный неканцерогенный риск, связанный с воздействием металлов через потребление овощей, был ниже соответствующего допустимого предела ( $HQ < 1$ ) и составил для взрослых 0,47, для детей – 0,43. Для взрослого населения при употреблении крупяных и хлебобулочных изделий коэффициент опасности каждого металла не превысил допустимого значения.

Однако для детей риск от поступления меди составил 1,42, что в 3 раза выше, чем у взрослых. В целом дети более восприимчивы к загрязнителям окружающей среды из-за их физиологических характеристик (повышенной абсорбции некоторых веществ в желудочно-кишечном тракте, меньшей массы тела). При ранжировании изучаемых групп пищевых продуктов установлено, что наибольший вклад в экспозицию кадмием (30 %) вносят овощи; в экспозицию медью (45 %) и железом (22 %) – зерномучная продукция и овощи.

Также были рассчитаны коэффициенты опасности развития неканцерогенных эффектов при поступлении металлов в организм жителей Республики Башкортостан с овощными культурами из различных районов (рис. 3).

Таблица 2

Коэффициент опасности ( $HQ$ ) микроэлементов в пищевых продуктах

Микроэлемент	Взрослое население			Детское население		
	Овощи	Зерномучная продукция	$\Sigma HQ$	Овощи	Зерномучная продукция	$\Sigma HQ$
Свинец	0,01	0,02	0,02	0,008	0,04	0,05
Кадмий	0,14	0,07	0,21	0,1	0,2	0,32
Железо	0,07	0,3	0,33	0,07	0,7	0,80
Медь	0,2	0,5	0,69	0,2	1,42	1,60
Никель	0,002	0,002	0,00	0,001	0,005	0,01
Цинк	0,05	0,2	0,25	0,05	0,6	0,61
Алюминий	0,002	0,02	0,02	0,002	0,06	0,06

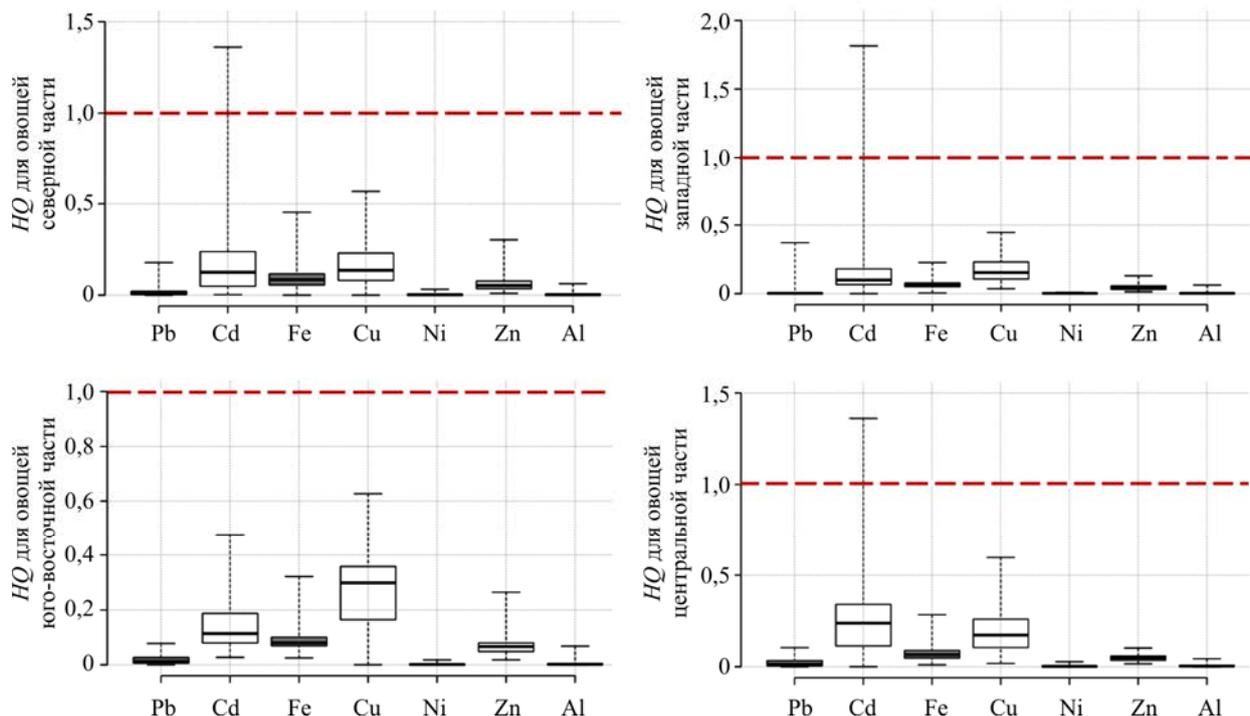


Рис. 3. Коэффициенты опасности развития неканцерогенных эффектов при поступлении металлов в организм жителей Республики Башкортостан с овощными культурами

Таблица 3

Оценка канцерогенного риска здоровью жителей Республики Башкортостан при употреблении пищевых продуктов

Микроэлемент	Взрослое население		Детское население	
	Овощи	Зерномучная продукция	Овощи	Зерномучная продукция
Свинец	$1,5 \cdot 10^{-6}$	$2,5 \cdot 10^{-6}$	$1,4 \cdot 10^{-6}$	$7,0 \cdot 10^{-6}$
Кадмий	$2,7 \cdot 10^{-5}$	$1,2 \cdot 10^{-5}$	$2,5 \cdot 10^{-5}$	$3,5 \cdot 10^{-5}$
Суммарный риск	$4,4 \cdot 10^{-5}$		$6,9 \cdot 10^{-5}$	

Согласно полученным результатам, на территории исследованных районов риск развития у населения вредных эффектов при ежедневном поступлении с овощными культурами свинца, железа, никеля, цинка и алюминия характеризуется как допустимый. Суммарный коэффициент опасности варьировался от 0,36 для западной части республики до 0,57 для центральной части. При этом максимальный вклад в суммарный индекс опасности вносил кадмий во всех регионах республики. Коэффициент опасности для кадмия был обычно ниже единицы, но около 25 % проанализированных образцов имели *HQ* от 1 до 2.

При одновременном поступлении контаминантов с продуктами питания в качестве критических органов и систем выявлены: желудочно-кишечный тракт и печень (*HI* равен 0,69 для взрослых, 1,60 – для детей), кровь (*HI* = 0,59 для взрослых, *HI* = 1,41 для детей), иммунная система (*HI* = 0,33 для взрослых, *HI* = 0,80 для детей), гормональная система (*HI* = 0,23 для взрослых, *HI* = 0,37 для детей), почки (*HI* = 0,21 для взрослых, *HI* = 0,32 для детей).

Вероятность развития злокачественных новообразований при пероральном поступлении с пищевыми продуктами свинца и кадмия находится в ин-

тервале  $10^{-6}$ – $10^{-4}$ , что соответствует зоне условно приемлемого (допустимого) риска (табл. 3). Однако при превышении ПДК по кадмию в некоторых пробах овощей до 4 раз среднесуточная доза поступления металла выходит за рамки безопасной. В результате индивидуальный канцерогенный риск также возрастает и приближается к границе допустимого. Данное исследование подчеркивает актуальность мониторинга сельскохозяйственной продукции по показателям безопасности и оценки вредного воздействия для детского населения, поскольку их организм имеет более низкую способность метаболизировать, детоксицировать и выводить токсины [19–21].

**Выводы.** Выполненные исследования показали, что в целом сельскохозяйственная продукция, выращенная в личных подсобных хозяйствах, и хлебобулочные / крупяные изделия, реализуемые на территории Республики Башкортостан, не характеризуются экстремальными уровнями загрязнения токсичными элементами. Среди исследуемых групп местных пищевых продуктов овощи, загрязненные кадмием, будут иметь относительно более высокий потенциальный риск для здоровья, особенно для

людей, проживающих в центральных районах республики ( $HQ = 0,57$ ).

При одновременном поступлении контаминантов с продуктами питания в качестве критических органов и систем выявлены: желудочно-кишечный тракт и печень ( $HI$  равен 0,69 для взрослых, 1,60 – для детей), кровь ( $HI = 0,59$  для взрослых,  $HI = 1,41$  для детей). В отношении прочих органов и систем неканцерогенный риск не превышает допустимые уровни.

Наибольший вклад в риск развития неонкологических заболеваний вносят медь (45%), кадмий (30%), тогда как вклад других элементов составляет менее 20%. Установлено, что потенциальный риск для здоровья детского населения связан с потреблением крупяных и хлебобулочных изделий (3,01), тогда как потребление овощей составляет незначительную часть (0,43). Наиболее высокие суммарные значения индексов опасности установлены для группы веществ, влияющих на желудочно-кишечный тракт, печень и кровь. Суммарный канцерогенный риск от

потребления пищевых продуктов на уровне медианы составил  $4,4 \cdot 10^{-5}$  для взрослых и  $6,9 \cdot 10^{-5}$  для детей, что соответствует зоне допустимого риска. Таким образом, даже при концентрациях элементов ниже ПДК формируются потенциальные риски для здоровья.

Ограничения исследования: показанные риски формируются при употреблении исключительно местной продукции, и результаты исследования не следует распространять на другие территории.

**Финансирование.** Работа выполнена в рамках отраслевой научно-исследовательской программы Роспотребнадзора на 2021–2025 годы «Научное обоснование национальной системы обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия, управления рисками здоровья и повышения качества жизни населения России», п 4.1.3 «Совершенствование мониторинга за качеством и безопасностью пищевых продуктов на основе токсико-гигиенической оценки приоритетных контаминантов» (Пер. № НИОКТР 121062100054-0).

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### Список литературы

1. Dietary policies to reduce non-communicable diseases / A. Afshin, R. Micha, S. Khatibzadeh, L. Schmidt, D. Mozaffarian // *The handbook of global health policy* / ed. by G.W. Brown, G. Yamey, S. Wamala. – 2014. – Chapter 9. – P. 177–193. DOI: 10.1002/9781118509623.ch9
2. Садыков Р.М., Мигунова Ю.В. Рациональное питание детей в семье как фактор здоровья населения // *Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины*. – 2019. – Т. 27, № 1. – С. 23–27. DOI: 10.32687/0869-866X-2019-27-1-23-27
3. Evans C.E.L. Sugars and health: a review of current evidence and future policy // *Proc. Nutr. Soc.* – 2017. – Vol. 76, № 3. – P. 400–407. DOI: 10.1017/S0029665116002846
4. Story M.T., Duffy E. Supporting healthy eating: synergistic effects of nutrition education paired with policy, systems, and environmental changes // *Nutrition education: Strategies for improving nutrition and healthy eating in individuals and communities*. – Basel, Switzerland: Karger Publ., 2020. – Vol. 92. – P. 69–81. DOI: 10.1159/000499549
5. Хамитова Р.Я., Степанова Н.В. Тяжелые металлы и город: некоторые аспекты контроля и оценки воздействия (на примере г. Казани). – Казань: Экон, 2004. – 224 с.
6. Micronutrients: dietary intake v. supplement use / J.V. Woodside, D. McCall, C. McGartland, I.S. Young // *Proc. Nutr. Soc.* – 2005. – Vol. 64, № 4. – P. 543–553. DOI: 10.1079/PNS2005464
7. Клещина Ю.В., Елисеев Ю.Ю. Мониторинг за контаминацией продовольственного сырья и пищевых продуктов токсичными элементами // *Гигиена и санитария*. – 2013. – Т. 92, № 1. – С. 81–82.
8. Фролова О.А., Бочаров Е.П., Ахтямова Л.А. Оценка риска от воздействия химических контаминантов в пищевых продуктах // *Гигиена и санитария*. – 2016. – Т. 95, № 8. – С. 743–748. DOI: 10.18821/0016-9900-2016-95-8-743-748
9. Анализ риска здоровью трудоспособного населения, обусловленного контаминацией пищевых продуктов (опыт Самарской области) / Д.О. Горбачев, О.В. Сазонова, Л.М. Бородина, М.Ю. Гаврюшин // *Анализ риска здоровью*. – 2019. – № 3. – С. 42–49. DOI: 10.21668/health.risk/2019.3.05
10. Мониторинг содержания меди, цинка и свинца в продуктах питания местного производства / В.М. Боев, Н.А. Лесцова, В.Н. Дунаев, М.В. Фокин // *Здоровье населения и среда обитания – ЗНиСО*. – 2005. – Т. 143, № 2. – С. 18–21.
11. Литвинова О.С., Верещагин А.И., Михайлов Н.А. Разработка модели для оценки мониторинга за химическим загрязнением пищевых продуктов в режиме реального времени // *Вопросы питания*. – 2009. – Т. 78, № 3. – С. 18–25.
12. Heavy metal accumulation in vegetable species and health risk assessment in Serbia / S. Pajević, D. Arsenov, N. Nikolić, M. Borišev, D. Orčić, M. Župunski, N. Mimica-Dukić // *Environ. Monit. Assess.* – 2018. – Vol. 190, № 8. – P. 459. DOI: 10.1007/s10661-018-6743-y
13. Toxicity of cadmium and its health risks from leafy vegetable consumption / Y. Huang, C. He, C. Shen, J. Guo, S. Mubeen, J. Yuan, Z. Yang // *Food Funct.* – 2017. – Vol. 8, № 4. – P. 1373–1401. DOI: 10.1039/C6FO01580H
14. Бондарев Н.С., Бондарева Г.С., Хазиева Е.Е. Аналитическое исследование потребления овощей в регионах Российской Федерации // *Вестник аграрной науки*. – 2020. – Т. 84, № 3. – С. 83–92. DOI: 10.17238/issn2587-666X.2020.3.83
15. Cherfi A., Abdoun S., Gaci O. Food survey: levels and potential health risks of chromium, lead, zinc and copper content in fruits and vegetables consumed in Algeria // *Food Chem. Toxicol.* – 2014. – Vol. 70. – P. 48–53. DOI: 10.1016/j.fct.2014.04.044
16. Heavy metal toxicity and the environment / P.B. Tchounwou, C.G. Yedjou, A.K. Patlolla, D.J. Sutton // *Exp. Suppl.* – 2012. – Vol. 101. – P. 133–164. DOI: 10.1007/978-3-7643-8340-4\_6
17. Dietary exposure to essential and toxic trace elements from a Total diet study in an adult Lebanese urban population / L. Nasreddine, O. Nashalian, F. Naja, L. Itani, D. Parent-Massin, M. Nabhani-Zeidan, N. Hwalla // *Food Chem. Toxicol.* – 2010. – Vol. 48, № 5. – P. 1262–1269. DOI: 10.1016/j.fct.2010.02.020
18. Неферментные нутриенты рациона питания здоровых детей дошкольного и школьного возраста / М.Р. Яхина, М.И. Астахова, Г.Р. Аллаярова, Э.А. Аухадиева, Д.Э. Мусабилов, Р.А. Даукаев, Е.Е. Зеленковская // *Медико-биоло-*

гические и нутрициологические аспекты здоровьесберегающих технологий: материалы II Международной научно-практической конференции. – Кемерово, 19 ноября 2021 г. – С. 160–164.

19. Cadmium exposure and risk of breast cancer: A dose-response meta-analysis of cohort studies / T. Filippini, D. Torres, C. Lopes, C. Carvalho, P. Moreira, A. Naska, M.-I. Kasdagli, M. Malavolti [et al.] // *Environ. Int.* – 2020. – Vol. 142. – P. 105879. DOI: 10.1016/j.envint.2020.105879

20. Effects of lead and cadmium on the immune system and cancer progression / M. Ebrahimi, N. Khalili, S. Razi, M. Keshavarz-Fathi, N. Khalili, N. Rezaei // *J. Environ. Health Sci. Eng.* – 2020. – Vol. 18, № 1. – P. 335–343. DOI: 10.1007/s40201-020-00455-2

21. Chandravanshi L., Shiv K., Kumar S. Developmental toxicity of cadmium in infants and children: a review // *Environ. Anal. Health Toxicol.* – 2021. – Vol. 36, № 1. – P. e2021003-0. DOI: 10.5620/eaht.2021003

*Риски для здоровья населения, обусловленные контаминацией пищевых продуктов местного производства / А.С. Фазлиева, Р.А. Даукаев, Д.О. Каримов, С.Р. Афонкина, Г.Р. Аллаярова, Э.А. Аухадиева // Анализ риска здоровью. – 2022. – № 4. – С. 100–108. DOI: 10.21668/health.risk/2022.4.09*

UDC 614.3: 613.26

DOI: 10.21668/health.risk/2022.4.09.eng



Research article

## PUBLIC HEALTH RISKS CAUSED BY CONTAMINATION OF LOCAL FOOD PRODUCTS

**A.S. Fazlieva, R.A. Daukaev, D.O. Karimov, S.R. Afonkina, G.R. Allayarova, E.A. Aukhadieva**

Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology, 94 Stepana Kuvykina Str., Ufa, 450106, Russian Federation

*Food safety is a major concern around the world due to toxic metal contamination in food and associated health risks. Vegetables, cereals and baked goods make up a large part of a healthy human diet as vital sources of nutrients, minerals and fiber. Long-term intake of metals with food facilitates their accumulation in the human body.*

*The study aimed to assess health risks for adults and children caused by alimentary intake of chemical elements with local food products.*

*The study was conducted in the Republic of Bashkortostan, which is a territory with a developed agricultural and industrial complex. A total of 524 plant samples were selected and analyzed to identify levels of lead, cadmium, copper, zinc, iron, nickel and aluminum in them by using atomic absorption analysis. Samples included bakery and cereal products sold in the republic and vegetable products from private farms.*

*The article describes the results of hygienic assessment with its focus on contents of essential and toxic elements in locally produced foods. Intake of contaminants with local food products was established based on the data on average food consumption per capita. We determined contributions made by two groups of traditional mass-consumption products to the total exposure that influences health of people living in different districts across the republic. The study established the total hazard quotient of non-carcinogenic effects to be higher than its threshold value and to equal 3.43 for children and 1.54 for*

© Fazlieva A.S., Daukaev R.A., Karimov D.O., Afonkina S.R., Allayarova G.R., Aukhadieva E.A., 2022

**Anna S. Fazlieva** – Junior Researcher of Chemical Analysis Department (e-mail: nytik-21@yandex.ru; tel.: +7 (927) 944-22-77; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0037-6791>).

**Rustem A. Daukaev** – Candidate of Biological Sciences, Head of Chemical Analysis Department (e-mail: ufa.lab@yandex.ru; tel.: +7 (347) 255-19-12; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0421-4802>).

**Denis O. Karimov** – Candidate of Medical Sciences, Head of the Department of Toxicology and Genetics with the Experimental Clinics for Laboratory Animals (e-mail: karimovdo@gmail.com; tel.: +7 (347) 944-22-77; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0039-6757>).

**Svetlana R. Afonkina** – Candidate of Chemical Sciences, Senior Researcher of Chemical Analysis Department (e-mail: ufa.lab@yandex.ru; tel.: +7 (347) 255-19-12; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0445-9057>).

**Guzel R. Allayarova** – Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher of Chemical Analysis Department (e-mail: ufa.lab@yandex.ru; tel.: +7 (347) 255-19-12; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0838-3598>).

**Elvira A. Aukhadieva** – Junior Researcher of Chemical Analysis Department (e-mail: ufa.lab@yandex.ru; tel.: +7 (347) 255-19-12; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6793-6992>).

adults. The greatest contributions to the total hazard quotients were made by copper (45 %) and cadmium (30 %). Our assessment of carcinogenic risks caused by intake of contaminants with foods revealed that the total health risk as per the median value corresponded to its permissible level.

**Keywords:** risk assessment, metals, safety, quality, diet, vegetables, cereals, bakery products.

## References

1. Afshin A., Micha R., Khatibzadeh S., Schmidt L., Mozaffarian D. Dietary policies to reduce non-communicable diseases. In book: The handbook of global health policy. In: G.W. Brown, G. Yamey, S. Wamala eds., 2014, Chapter 9, pp. 177–193. DOI: 10.1002/9781118509623.ch9
2. Sadykov R.M., Migunova Yu.V. The rational diet of children in family as a factor of population health. *Problemy sotsial'noi gigieny, zdavookhraneniya i istorii meditsiny*, 2019, vol. 27, no. 1, pp. 23–27. DOI: 10.32687/0869-866X-2019-27-1-23-27 (in Russian).
3. Evans C.E.L. Sugars and health: a review of current evidence and future policy. *Proc. Nutr. Soc.*, 2017, vol. 76, no. 3, pp. 400–407. DOI: 10.1017/S0029665116002846
4. Story M.T., Duffy E. Supporting healthy eating: synergistic effects of nutrition education paired with policy, systems, and environmental changes. *Nutrition education: Strategies for improving nutrition and healthy eating in individuals and communities*. Basel, Switzerland, Karger Publ., 2020, vol. 92, pp. 69–81. DOI: 10.1159/000499549
5. Khamitova R.Ya., Stepanova N.V. Tyazhelye metally i gorod: nekotorye aspekty kontrolya i otsenki vozdeistviya (na primere g. Kazani) [Heavy metals and the city: some aspects of monitoring and impact assessment (on the example of Kazan)]. Kazan', Erkon, 2004, 224 p. (in Russian).
6. Woodside J.V., McCall D., McGartland C., Young I.S. Micronutrients: dietary intake v. supplement use. *Proc. Nutr. Soc.*, 2005, vol. 64, no. 4, pp. 543–553. DOI: 10.1079/PNS2005464
7. Kleshchina Yu.V., Eliseev Yu.Yu. Monitoring for contamination of food commodities and food products with toxic elements. *Gigiena i sanitariya*, 2013, vol. 92, no. 1, pp. 81–82 (in Russian).
8. Frolova O.A., Bocharov E.P., Akhtyamova L.A. Risk assessment from exposure to chemical contaminants in food. *Gigiena i sanitariya*, 2016, vol. 95, no. 8, pp. 743–748. DOI: 10.18821/0016-9900-2016-95-8-743-748 (in Russian).
9. Gorbachev D.O., Sazonova O.V., Borodina L.M., Gavryushin M.Y. Analyzing health risks for employable population caused by food products contamination (experience gained in Samara region). *Health Risk Analysis*, 2019, no. 3, pp. 42–49. DOI: 10.21668/health.risk/2019.3.05.eng
10. Boev V.M., Lestova N.A., Dunaev V.N., Fokin M.V. Monitoring sodержaniya medi, tsinka i svintsya v produktakh pitaniya mestnogo proizvodstva [Monitoring of copper, zinc and lead content in locally produced food]. *ZNiSO*, 2005, no. 2 (143), pp. 18–21 (in Russian).
11. Litvinova O.S., Vereshchagin A.I., Mikhaylov N.A. Razrabotka modeli dlya otsenki monitoringa za khimicheskim zagryazneniem pishchevykh produktov v rezhime real'nogo vremeni [Developing a model to evaluate monitoring of chemical contamination of foods in real time]. *Voprosy pitaniya*, 2009, vol. 78, no. 3, pp. 18–25 (in Russian).
12. Pajević S., Arsenov D., Nikolić N., Borišev M., Orčić D., Župunski M., Mimica-Dukić N. Heavy metal accumulation in vegetable species and health risk assessment in Serbia. *Environ. Monit. Assess.*, 2018, vol. 190, no. 8, pp. 459. DOI: 10.1007/s10661-018-6743-y
13. Huang Y., He C., Shen C., Guo J., Mubeen S., Yuan J., Yang Z. Toxicity of cadmium and its health risks from leafy vegetable consumption. *Food Funct.*, 2017, vol. 8, no. 4, pp. 1373–1401. DOI: 10.1039/C6FO01580H
14. Bondarev N.S., Bondareva G.S., Khazieva E.E. Analytical study of consumption of vegetables in the regions of the Russian Federation. *Vestnik agrarnoi nauki*, 2020, vol. 84, no. 3, pp. 83–92. DOI: 10.17238/issn2587-666X.2020.3.83 (in Russian).
15. Cherfi A., Abdoun S., Gaci O. Food survey: levels and potential health risks of chromium, lead, zinc and copper content in fruits and vegetables consumed in Algeria. *Food Chem. Toxicol.*, 2014, vol. 70, pp. 48–53. DOI: 10.1016/j.fct.2014.04.044
16. Tchounwou P.B., Yedjou C.G., Patlolla A.K., Sutton D.J. Heavy metal toxicity and the environment. *Exp. Suppl.*, 2012, vol. 101, pp. 133–164. DOI: 10.1007/978-3-7643-8340-4\_6
17. Nasreddine L., Nashalian O., Naja F., Itani L., Parent-Massin D., Nabhani-Zeidan M., Hwalla N. Dietary exposure to essential and toxic trace elements from a Total diet study in an adult Lebanese urban population. *Food Chem. Toxicol.*, 2010, vol. 48, no. 5, pp. 1262–1269. DOI: 10.1016/j.fct.2010.02.020
18. Yakhina M.R., Astakhova M.I., Allayarova G.R., Aukhadieva E.A., Musabirov D.E., Daukaev R.A., Zelenkovskaya E.E. Non-enzyme nutrients in the diet of healthy preschool and school-age children. *Mediko-biologicheskie i nutritsiologicheskie aspekty zdorov'esberegayushchikh tekhnologii: materialy II Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii*. Kemerovo, November 19, 2021, pp. 160–164 (in Russian).
19. Filippini T., Torres D., Lopes C., Carvalho C., Moreira P., Naska A., Kasdagli M.-I., Malavolti M. [et al.]. Cadmium exposure and risk of breast cancer: A dose-response meta-analysis of cohort studies. *Environ. Int.*, 2020, vol. 142, pp. 105879. DOI: 10.1016/j.envint.2020.105879
20. Ebrahimi M., Khalili N., Razi S., Keshavarz-Fathi M., Khalili N., Rezaei N. Effects of lead and cadmium on the immune system and cancer progression. *J. Environ. Health Sci. Eng.*, 2020, vol. 18, no. 1, pp. 335–343. DOI: 10.1007/s40201-020-00455-2
21. Chandravanshi L., Shiv K., Kumar S. Developmental toxicity of cadmium in infants and children: a review. *Environ. Anal. Health Toxicol.*, 2021, vol. 36, no. 1, pp. e2021003-0. DOI: 10.5620/eaht.2021003

Fazlieva A.S., Daukaev R.A., Karimov D.O., Afonkina S.R., Allayarova G.R., Aukhadieva E.A. Public health risks caused by contamination of local food products. *Health Risk Analysis*, 2022, no. 4, pp. 100–108. DOI: 10.21668/health.risk/2022.4.09.eng

Получена: 11.07.2022

Одобрена: 15.11.2022

Принята к публикации: 18.12.2022